

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 9/12	3 0 6 A	7920-4E		
9/095	5 0 1 B	7920-4E		
9/173	A	7920-4E		
// B 2 3 K 9/073	5 4 5	9348-4E		
G 0 5 B 13/02	N	9131-3H		

審査請求 未請求 請求項の数14(全 52 頁)

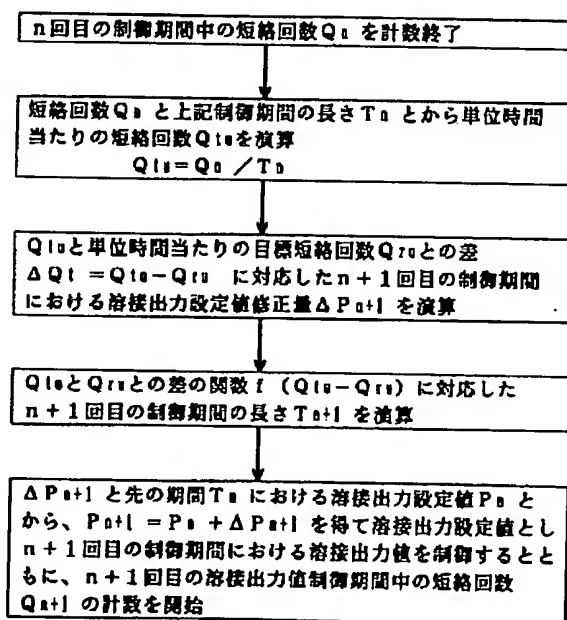
(21) 出願番号	特願平4-139714	(71) 出願人	000000262 株式会社ダイヘン 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号
(22) 出願日	平成4年(1992)4月30日	(72) 発明者	中俣 利昭 大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会 社ダイヘン内
(31) 優先権主張番号	特願平3-285750	(72) 発明者	松本 一朗 大阪市淀川区田川2丁目1番11号 株式会 社ダイヘン内
(32) 優先日	平3(1991)10月4日	(74) 代理人	弁理士 中井 宏
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		
(31) 優先権主張番号	特願平4-93589		
(32) 優先日	平4(1992)3月19日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		
特許法第30条第1項適用申請有り 平成3年8月25日 社団法人溶接学会発行の「溶接学会全国大会講演概要- 第49集-」に発表			

(54) 【発明の名称】 GMA溶接のアーク長制御方法

## (57) 【要約】

【目的】 短絡回数に応じてアーク長を制御してアークの安定を図り良好な溶接品質を得る。

【構成】 シールドガスを使用し消耗電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、  
n回目の制御期間中の単位時間当たりの平均短絡回数を短絡抽出単位時間の経過毎に演算し、この平均短絡回数と目標平均短絡回数との差の関数  $f(Q_{tu}-Q_{ru})$  から最適な制御期間の長さを演算し、算出値が一定値よりも短くなるかn回目の期間経過によりn回目を終了し、前記差  $(Q_{tu}-Q_{ru})$  に応じて溶接出力修正量  $\Delta P_{n+1}$  を演算し、 $P_{n+1} = P_n + \Delta P_{n+1}$  によってn+1回目の制御期間における出力値を制御するアーク長制御方法。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間 $T_n$ 中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、前記短絡回数 $Q_n$ を前記溶接出力値制御期間の長さ $T_n$ で除算して単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ を演算し、前記短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $Q_{tu}-Q_{ru}$ に対応した $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記短絡回数 $Q_{tu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差の関数 $f(Q_{tu}-Q_{ru})$ から次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と $n$ 回目の溶接出力値制御周期 $T_n$ 中における溶接出力設定値 $P_n$ とを加算して $P_{n+1}=P_n+\Delta P_{n+1}$ を出力設定値として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間 $T_{n+1}$ における溶接出力値を制御するとともに、 $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_{n+1}$ の計数を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーク長制御方法。

【請求項2】 不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の終了の直前の移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数 $Q_m$ を前記移動平均周期 $T_m$ で除算して短絡回数移動平均値 $Q_{mu}=Q_m/T_m$ を演算し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $Q_{mu}-Q_{ru}$ に対応した $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記平均値 $Q_{mu}$ と目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差の関数 $f(Q_{mu}-Q_{ru})$ に対応した次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回目の制御期間における溶接出力設定値 $P_n$ とを加算して $P_{n+1}=P_n+\Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力値を制御するとともに、 $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間 $T_{n+1}$ 中の短絡回数の計数を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーク長制御方法。

【請求項3】 不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の終了直前の移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数 $Q_m$ を前記移動平均周期 $T_m$ で除算して前記移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数移動平均値 $Q_{mu}=Q_m/T_m$ を演算し、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、前記短絡回数 $Q_n$ を前記 $n$ 回目の制御期間の長さ $T_n$ で除算して単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}=Q_n/T_n$ を演算し、前記短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $Q_{tu}-Q_{ru}$ に対応した $n+1$ 回目の溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差の関数 $f(Q_{mu}-Q_{ru})$ に対

2

応した次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回目の制御期間 $T_n$ における溶接出力設定値 $P_n$ とを加算して $P_{n+1}=P_n+\Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力値を制御するとともに、 $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数の計数を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーク長制御方法。

【請求項4】 不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、 $n$ 回目の溶接出力値制御周期 $T_n$ 中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、前記短絡回数 $Q_n$ を前記溶接出力値制御期間の長さ $T_n$ で除算して単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ を演算し、前記短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $Q_{tu}-Q_{ru}$ に対応した $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記短絡回数 $Q_{tu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_t=Q_{tu}-Q_{ru}$ と変化率 $dQ_{tu}=Q_{tu}-Q_{tu-1}$ とを入力条件としてファジィ推論により次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ を決定し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と $n$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力設定値 $P_n$ とを加算して $P_{n+1}=P_n+\Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力値を制御するとともに、 $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_{n+1}$ の計数を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーク長制御方法。

【請求項5】 不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の終了の直前の移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数 $Q_m$ を前記移動平均周期 $T_m$ で除算して抽出周期短絡回数移動平均値 $Q_{mu}=Q_m/T_m$ を演算し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $Q_{mu}-Q_{ru}$ に対応した $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記平均値 $Q_{mu}$ と目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_m=Q_{mu}-Q_{ru}$ と変化率 $dQ_{mu}=Q_{mu}-Q_{mu-1}$ とを入力条件としてファジィ推論により次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回目の制御期間における溶接出力設定値 $P_n$ とを加算して $P_{n+1}=P_n+\Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力値を制御するとともに、 $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間 $T_{n+1}$ 中の短絡回数の計数を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーク長制御方法。

【請求項6】 不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の終了の直前の移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数 $Q$

3

mnを前記移動平均周期 $T_m$ で除算して、前記移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数移動平均値 $Q_{mu}=Q_{mn}/T_m$ を演算し、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、前記短絡回数 $Q_n$ を前記制御期間の長さ $T_n$ で除算して単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}=Q_n/T_n$ を演算し、前記短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $Q_{tu}-Q_{ru}$ に対応した $n+1$ 回目の溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_m=Q_{mu}-Q_{ru}$ と変化率 $dQ_{mu}=Q_{mu}-Q_{mu-1}$ とを入力条件としてファジィ推論により次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ を決定し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回目の制御期間における溶接出力設定値 $P_n$ とを加算して $P_{n+1}=P_n+\Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力値を制御するとともに、 $n+1$ 回目の溶接出力制御期間中の短絡回数の計数を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーカ長制御方法。

【請求項7】 前記移動平均値 $Q_{mu}$ は、移動平均周期 $T_m$ 中の各抽出単位周期 $\Delta T$ における短絡回数 $Q_n$ の合計 $Q_{mn}$ を周期 $T_m$ 中の抽出回数 $m$  ( $m=T_m/\Delta T$ )で除算した値 $Q_{mu}=(Q_{n1}+Q_{n2}+\dots+Q_{nm})/m=Q_{mn}/m$

(但し $Q_{n1}, Q_{n2}, \dots, Q_{nm}$ は $T_m$ 中の1回目から $m$ 回目までの各抽出単位 $\Delta T$ の間の短絡回数とし、 $\Delta T$ および $T_m$ は予め定めた一定値)によって代用する請求項2, 3, 5および6のいずれかに記載のGMA溶接のアーカ長制御方法。

【請求項8】 不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗電極を送給してアーカ溶接するGMA溶接のアーカ長制御方法において、長さ $T_n$ の $n$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、前記短絡回数 $Q_n$ を短絡抽出単位時間 $\Delta T$ が経過することに前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の始期からの経過時間 $N \cdot \Delta T$  ( $N$ は短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の経過回数)で除算してそれまでの期間における単位時間当りの平均短絡回数 $Q_{tu}$ を演算し、前記平均短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差の関数 $f(Q_{tu}-Q_{ru})$ から溶接出力値制御期間の最適長さ $T_c$ を演算し、前記算出値 $T_c$ が所定の長さ $T_o$ よりも短くなるかまたは前記経過時間 $N \cdot \Delta T$ が溶接出力値制御期間の長さ $T_n$ に等しくなった時に前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間を終了し、前記平均短絡回数 $Q_{tu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $(Q_{tu}-Q_{ru})$ に対応した溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間中における溶接出力設定値 $P_n$ との和 $P_{n+1}=P_n+\Delta P_{n+1}$ を出力設定値とし、前記算出値 $T_c$ を溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーカ長制御方法。

4

【請求項9】 不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーカ溶接するGMA溶接のアーカ長制御方法において、長さ $T_n$ の $n$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、短絡抽出単位時間 $\Delta T$ が経過することに直前の移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数 $Q_{mn}$ を演算し、前記移動平均周期 $T_m$ と算出値 $Q_{mn}$ とから短絡回数移動平均値 $Q_{mu}=Q_{mn}/T_m$ を演算し、前記平均値 $Q_{mu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差の関数 $f(Q_{mu}-Q_{ru})$ に対応した溶接出力値制御期間の最適長さ $T_c$ を演算し、前記算出値 $T_c$ が所定の長さ $T_o$ よりも短くなるかまたは前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の始期からの経過時間 $N \cdot \Delta T$  ( $N$ は短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の経過回数)が設定された前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_n$ に達したときに前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間を終了し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $(Q_{mu}-Q_{ru})$ に対応した溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間中における溶接出力設定値 $P_n$ との和 $P_{n+1}=P_n+\Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値とし、前記算出値 $T_c$ を溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーカ長制御方法。

【請求項10】 不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーカ溶接するGMA溶接のアーカ長制御方法において、長さ $T_n$ の $n$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、短絡抽出単位時間 $\Delta T$ が経過することに直前の移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数 $Q_{mn}$ を演算し、前記移動平均周期 $T_m$ と算出値 $Q_{mn}$ とから短絡回数移動平均値 $Q_{mu}=Q_{mn}/T_m$ を演算し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差の関数 $f(Q_{mu}-Q_{ru})$ に対応した溶接出力値制御期間の最適長さ $T_c$ を演算し、前記算出値 $T_c$ が所定の長さ $T_o$ よりも短くなるかまたは前記 $n$ 回目の制御期間の始期からの経過時間 $N \cdot \Delta T$  ( $N$ は短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の回数)が設定された前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_n$ に達したときに前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間を終了し、前記短絡回数 $Q_n$ を前記経過時間 $N \cdot \Delta T$ で除算して単位時間当りの平均短絡回数 $Q_{tu}$ を演算し、前記平均短絡回数 $Q_{tu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $(Q_{tu}-Q_{ru})$ に対応した溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回目の制御期間中における溶接出力設定値 $P_n$ との和 $P_{n+1}=P_n+\Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値とし、前記算出値 $T_c$ を溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーカ長制御方法。

【請求項11】 不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗電極を送給してアーカ溶接するGMA溶

接のアーケ長制御方法において、長さ $T_n$ の $n$ 回目の溶接出力値制御周期中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、前記短絡回数 $Q_n$ を短絡抽出単位時間 $\Delta T$ が経過するごとに前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の始期からの経過時間 $N \cdot \Delta T$  ( $N$ は短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の経過回数)で除算してそれまでの期間における単位時間当りの平均短絡回数 $Q_{tu}$ を演算し、前記平均短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_1 = Q_{tu} - Q_{ru}$ と変化率 $dQ_{tu} = Q_{tu} - Q_{tu-1}$ とを入力条件としてファジィ推論により次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の最適長さ $T_c$ を決定し、前記決定値 $T_c$ が所定の長さ $T_0$ よりも短くなるかまたは前記経過時間 $N \cdot \Delta T$ が前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_n$ に等しくなった時に前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間を終了し、前記平均短絡回数 $Q_{tu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $(Q_{tu} - Q_{ru})$ に対応した溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力設定値 $P_n$ との和 $P_{n+1} = P_n + \Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値とし、前記決定値 $T_c$ を溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーケ長制御方法。

【請求項12】 不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーケ溶接するGMA溶接のアーケ長制御方法において、長さ $T_n$ の $n$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、短絡抽出単位時間 $\Delta T$ が経過するごとに直前の移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数 $Q_{mn}$ を演算し、前記移動平均周期 $T_m$ と算出値 $Q_{mn}$ とから短絡回数移動平均値 $Q_{mu} = Q_{mn} / T_m$ を演算し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_m = Q_{mu} - Q_{ru}$ と変化率 $dQ_{mu} = Q_{mu} - Q_{mu-1}$ とを入力条件としてファジィ推論により溶接出力値制御期間の最適長さ $T_c$ を決定し、前記決定値 $T_c$ が所定の長さ $T_0$ よりも短くなるかまたは前記 $n$ 回目の制御期間の始期からの経過時間 $N \cdot \Delta T$  ( $N$ は短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の回数)が設定された前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_n$ に達したときに前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間を終了し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $(Q_{mu} - Q_{ru})$ に対応した溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記前記 $n$ 回目の制御期間 $T_n$ における溶接出力設定値 $P_n$ との和 $P_{n+1} = P_n + \Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値とし、前記決定値 $T_c$ を溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーケ長制御方法。

【請求項13】 不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーケ溶接するGMA溶接のアーケ長制御方法において、長さ $T_n$ の $n$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、短絡抽

出単位時間 $\Delta T$ が経過するごとに直前の移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数 $Q_{mn}$ を演算し、前記移動平均周期 $T_m$ と算出値 $Q_{mn}$ とから短絡回数移動平均値 $Q_{mu} = Q_{mn} / T_m$ を演算し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_m = Q_{mu} - Q_{ru}$ と変化率 $dQ_{mu} = Q_{mu} - Q_{mu-1}$ とを入力条件としてファジィ推論により溶接出力値制御期間の最適長さ $T_c$ を決定し、前記決定値 $T_c$ が所定の長さ $T_0$ よりも短くなるかまたは前記 $n$ 回目の制御期間の始期からの経過時間 $N \cdot \Delta T$  ( $N$ は短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の経過回数)が設定された前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_n$ に達したときに前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間を終了し、前記短絡回数 $Q_n$ を前記経過時間 $N \cdot \Delta T$ で除算して単位時間当りの平均短絡回数 $Q_{tu}$ を演算し、前記平均短絡回数 $Q_{tu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $Q_{tu} - Q_{ru}$ に対応した溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回目の制御期間 $T_n$ における溶接出力設定値 $P_n$ との和 $P_{n+1} = P_n + \Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値とし、前記決定値 $T_c$ を溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーケ長制御方法。

【請求項14】 前記移動平均値 $Q_{mu}$ は、移動平均周期 $T_m$ 中の各抽出単位時間 $\Delta T$ における短絡回数 $Q_i$ の合計を周期 $T_m$ 中の短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の回数 $i$  ( $i = T_m / \Delta T$ )で除算した値 $Q_{mu} = (Q_{n1} + Q_{n2} + \dots + Q_{ni}) / i = Q_{mn} / i$  (但し $Q_{n1}, Q_{n2}, \dots, Q_{ni}$ は $T_m$ 中の $i$ 回目までの各短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の間の短絡回数とし、 $\Delta T$ および $T_m$ は予め定めた一定値)によって代用する請求項9, 10, 12および13のいずれかに記載のGMA溶接のアーケ長制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーケ溶接する消耗性電極ガスシールドアーケ溶接 (以後GMA溶接という) 方法において、溶接中に消耗電極先端が被溶接物の溶融池に短時間短絡する短絡回数を検出してアーケ長を制御してアーケの安定を図ることにより良好な溶接品質を得るGMA溶接のアーケ長制御方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 通常、不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーケ溶接するGMAアーケ溶接方法においては、消耗性電極1の先端 (以下、ワイヤ先端という) 1aと被溶接物2の表面との間に発生するアーケ長 $L$ の変化とアーケ電圧値 $V_a$ とは、図43 (A) ないし (D) に示す関係がある。図43 (A) に示すように、アーケ3がワイヤ先端1aから被

溶接物2の表面の2aの最短距離に飛んだときは、この最短距離（以下、見かけのアーケ長という） $L_1$ と実際のアーケ長 $L_{a1}$ とは一致して、同図（D）に示すアーケ長 $L_a$ （横軸）とアーケ電圧値 $V_a$ （縦軸）との関係を示すアーケ特性直線 $L_V$ の動作点は、（A）に示す位置にあり、アーケ電圧値は $V_{a1}$ である。図43（B）に示すように、アーケ3が表面の汚れ、酸化物等のアーケの陰極点が生じやすい位置2bに飛んだときは、見かけのアーケ長は、図43（A）と同じ $L_1$ であるにもかかわらず、実際のアーケ長は $L_{a2}$ であって、同図（D）のアーケ特性直線 $L_V$ の動作点は、（B）に示す位置にあり、アーケ電圧値 $V_{a2}$ になってしまう。このことは、アーケ電圧値が $V_{a2}$ であると、同図（C）に示すように、実際のアーケ長 $L_{a2}$ と最短距離になっている見かけのアーケ長が $L_2$ になったことと同値になる。

【0003】そこで、見かけのアーケ長（ $L_1$ 、 $L_2$ ）の変化をアーケ電圧値（ $V_{a1}$ 、 $V_{a2}$ ）の変化で検出しようとしても、見かけのアーケ長が同じ $L_1$ であるにもかかわらず、アーケ電圧値 $V_a$ は、実際のアーケ長 $L_{a1}$ または $L_{a2}$ に左右されて、 $V_{a1}$ または $V_{a2}$ になってしまうので、アーケ電圧値を検出して正確にアーケ長を一定値に制御することはできない。すなわち、実際のアーケ長が、図43（A）の状態から図43（B）の状態に変化してアーケ電圧値が $V_{a1}$ から $V_{a2}$ に増加したとき、見かけのアーケ長 $L_1$ が変化していないにもかかわらず、（図43（C）のような見かけのアーケ長が $L_2$ に増加したためにアーケ電圧値が $V_{a2}$ になったとき、見かけのアーケ長を $L_2$ から元の $L_1$ に戻そうとする制御と同様に、）見かけのアーケ長を $L_1$ よりもさらに短い方向に誤制御してしまう。

【0004】このような誤制御によって、最近のように見かけのアーケ長を短くして良好な溶接結果を得ようとする高速度溶接においては、頻繁に短絡を生じて、アーケ不安定になって溶接欠陥が発生したり、過大なスパッタが発生する。また、見かけのアーケ長 $L$ と実際のアーケ長 $L_a$ とが一致しない現象は、酸化皮膜の発生しやすいアルミニウム、マグネシウム等の金属に生じやすく、溶接電源の出力端子のマイナス極性を被溶接物に接続したときの逆極性のときに、酸化皮膜上にアーケの陰極点が発生しやすく、新しい酸化皮膜上に陰極点が移動するために、実際のアーケ長が見かけのアーケ長よりも大になりやすい。従来から、見かけのアーケ長の変動を速に修正して見かけのアーケ長をできるだけ一定値に制御する提案が行われているが、アーケ電圧の検出では、前述したように誤制御をするし、また見かけのアーケ長そのものの検出も、強力なアーケ光のために容易ではない。

【0005】他方、見かけのアーケ長が短くなってくると、ワイヤ先端1aと被溶接物2の表面との短絡回数が増加し、逆に、見かけのアーケ長が長くなると短絡が生じなくなり、見かけのアーケ長 $L$ と単位時間当りの短絡

回数 $Q$ とは、ある範囲では、比例関係にある。そこで従来から、単位時間当りの短絡回数を検出してフィードバックして溶接電源の出力電圧値を制御することによって、アーケ長を制御する方法（以下、公知技術という）がある。この公知技術では、予め定めた一定の単位時間当りの短絡回数 $Q$ をフィードバックし、この短絡回数 $Q$ が単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ と一致するように、溶接電圧設定値またはワイヤ送給速度を制御している。この公知技術においては、適正なアーケ長を短絡回数から検出しようとする原理から、単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ が数回ないし十数回の長い周期になる。したがって、公知技術では、アーケの定常的な安定性を確保するための予め定めた一定の溶接電圧値制御周期を、数秒程度にする必要があり、アーケ長変動に対する過渡応答時間 $T_{tr}$ が大であるという大きな欠点があった。

【0006】そこで、この問題を解決する提案として、特開昭57-52537号および同57-152373号の公開公報の発明（以下、従来技術という）が提案されている。この従来技術は、短絡回数を制御してアーケ長を適正範囲に制御しようとする公知技術に加えて、アーケ長の変動に対する過渡応答時間を短くするために、平均溶接電流の変化率に対応させて、溶接電圧修正量または溶接電圧値制御期間の長さを変化させる技術であって、平均溶接電流の変化率が大きいときは、1回の溶接出力設定値による制御期間の長さを短くし、平均溶接電流の変化率が小さいときは、この周期を長くすることによって、アーケの定常安定性を得ようとするものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、前述した従来技術においては、平均溶接電流が変動しないときまたは変動が大にならないときは、溶接電圧修正量または溶接出力値制御期間の長さを増減させることができないかまたはこれらの値が小さすぎるために、所定のアーケ長に制御する時間を短縮することができないために、この従来技術の効果を発揮させることができない。

【0008】（図44の説明）この従来技術の効果を発揮させることができない第1の例は、この従来技術をアルミニウムMIGアーケ溶接方法に適用した場合であって、図44を参照してその理由を説明する。図44において、直径1.2（mm）のアルミニウム合金ワイヤA5183をアルゴンガスでシールドして、ワイヤ送給速度 $W5=500$ （cm/min）および $W7=700$ （cm/min）で送給したときの溶接電流の平均値 $I_a$ （A）と溶接電圧の平均値 $V_a$ （V）またはアーケ長 $L_a$ （mm）との関係を示す図である。ワイヤ送給速度が $W5$ のとき、溶接電流の平均値を88.5（A）に設定し見かけのアーケ長 $L_{11}$ を3（mm）にしたときの溶接電圧の平均値が17.0（V）の動作点 $Q_{11}$ にあったときに、溶接電流の設定値をそのままにしておいて、溶接電源の出力電圧を



変化させて見かけのアーケ長 $L_a = 9$  (mm)にしたとき、動作点はQ12になり、溶接電圧の平均値は19.5 (V)まで変化するが溶接電流の平均値は91.5 (A)であって見かけのアーケ長の変化量 $L_{t1} = 6$  (mm)であるのに溶接電流の変化量 $\Delta I_a = 0$ である。また、ワイヤ送給速度 $W7$ のとき、溶接電流の平均値を120 (A)に設定し見かけのアーケ長 $L_{21}$ を3 (mm)にしたときの溶接電圧の平均値が19.3 (V)の動作点Q21にあったときに、溶接電流の設定値をそのままにしておいて、溶接電源の出力電圧を変化させて見かけのアーケ長 $L_a = 9$  (mm)にしたとき、動作点Q22になり、溶接電圧の平均値は22 (V)まで変化するが、溶接電流の平均値は132 (A)であって見かけのアーケ長の変化量 $L_{t2} = 6$  (mm)であるのに対して溶接電流の変化量は12 (A)で、変化率は10 (%)程度である。

【0009】このように、アルミニウムのMIGアーク溶接においては、アーケ長が大きく変化しても、平均溶接電流の変化率は小さいので、従来技術を適用しても、適正なアーケ長に制御する時間を短縮することができない。

【0010】(図51の説明)アルミニウムのMIGアーク溶接において、従来技術を適用して粗設定した溶接電圧値が予め定めた適正な溶接電圧値に達する時間を測定した。図51は、従来技術を使用して直径1.6 (mm)のアルミニウム合金ワイヤA5183を、アルゴンガスでシールドしてアルミニウム材A5083をMIGアーク溶接したときの溶接電流値 $I$  (A)、溶接電圧値 $V$  (V)および単位時間当りの短絡回数 $Q$  (回/秒) (縦軸)の時間経過 $t$  (秒) (横軸)を示す図である。同図において、溶接電圧の設定値を粗設定してアークスタート直後の電圧値が20 (V)で、溶接電流値が200 (A)で単位時間当りの短絡回数 $Q = 40$  (回/秒)であったとき、溶接電圧の平均値を溶接電流の平均値200 (A)に対する予め定めた適正值22 (V)まで、従来技術によって自動的に増加させるには約7 (秒)を要していた。なお、単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ を5 (回/秒)とした。このように時間がかかるのは、図44で説明したように平均溶接電流の変化量が小さいためである。

【0011】(図52の説明)図52は、図51のアルミニウムの代りに軟鋼のMAGアーク溶接方法に、従来技術を適用して、予め定めた適正な溶接電圧値に達する時間を測定した。同図の測定条件は、直径1.2 (mm)の軟鋼ワイヤYGW15を、炭酸ガス20%とアルゴンガス80%との混合ガスでシールドして軟鋼をMAGアーク溶接するための条件である。同図において、溶接電圧の設定値を粗設定してアークスタートとした直後の溶接電圧値が28 (V)で、溶接電流値が300 (A)に対する予め定めた適正值32 (V)まで、従来技術によって自動的に増加させるには約5 (秒)かかっている。

なお、溶接電流値は、前述した図51のアルミニウムの場合に比べて10 (A)の変化は見られるが、溶接電流の変化量が小さく適正溶接電圧値に達するまでに時間がかかっている。

【0012】(図53の説明)また、溶接中に被溶接物の表面状態の変化、ワイヤ送給速度および溶接電流値の変動によってアーケ長が変化し被溶接物の入熱の変動等の外乱によって、アーケの陰極点がアーケの発生容易な酸化膜が残された位置へ不規則に移動し、そのために、見かけのアーケ長だけでなく、実際のアーケ長が変動する。このような外乱により、陰極点が不規則に移動してアーケ長が変動する場合に、適正な単位時間当りの短絡回数 $Q_{ru}$ に対応する見かけのアーケ長になるように制御する必要があるが、そのときの過渡応答速度 $T_{tr}$  (秒)を速くする必要がある。

【0013】ところで、不規則な外乱に対して、上記の過渡応答速度 $T_{tr}$ が遅いか速いかを実測することは非常に困難である。そこで、外乱による不規則な陰極点の移動を下記の条件に置きかえて過渡応答速度 $T_{tr}$ を実測することにした。すなわち、アーケの陰極点はシールドガスでシールドされている範囲内にしか発生しないことが知られている。このことは、アーケの陰極点の移動により酸化皮膜を除去する、いわゆるクリーニング現象は、シールドガス流量によって変化することを意味している。したがって、この過渡応答速度の実測を、シールドガスの流量を溶接中に強制的に切りかえることによってアーケの陰極点を強制的に移動させて実際のアーケ長を変化させることによって行った。

【0014】図53は、直径1.6 (mm)のアルミニウム合金ワイヤA5183をアルゴンガスでシールドして定速度で送給し、従来技術を用いてMIGアーク溶接したときの溶接電流値 $I$  (A)、溶接電圧値 $V$  (V)および単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$  (回/秒) (縦軸)の時間経過を示す図である。同図において、単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ を5 (回/秒)で、シールドガス流量を15 (リットル/分)で、溶接電圧値 $V$ が溶接電流値 $I = 200$  (V)に対する適正值の21 (V)であって、安定した溶接中に、シールドガスの流量を30 (リットル/分)に強制的に切り換えると、シールドガスのシールド範囲が増加して陰極点が遠方まで移動可能となってクリーニング幅が増大し、それにつれて実際のアーケ長も大となり溶接電流値も若干減少するので、単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ が20 (回/秒)程度まで大幅に増加する。

【0015】しかし、この従来技術では、平均溶接電流の変化率によって、溶接電圧値または溶接出力値制御周期を変化させようとするものであるために、上記のような平均溶接電流の変化が小さい場合にはアーケ長を単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru} = 5$  (回/秒)に相当する値に復帰させるための過渡応答時間 $T_{tr}$ が約5 (秒)を

要している。

【0016】以上の図51ないし図53の実測例に示すように、従来技術の平均溶接電流の変化率によって溶接電圧値または溶接出力値制御周期を変化させようとする方式では、平均溶接電流の変化率が小さいときには、過渡応答速度が遅いという問題点が残されていた。

【0017】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、前記短絡回数 $Q_n$ を前記溶接出力値制御期間の長さ $T_n$ で除算して単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ を演算し、前記短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $Q_{tu}-Q_{ru}$ に対応した $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記短絡回数 $Q_{tu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差の関数 $f(Q_{tu}-Q_{ru})$ から、次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と $n$ 回目の溶接出力値制御周期 $T_n$ 中における溶接出力設定値 $P_n$ とを加算して、 $P_{n+1}=P_n+\Delta P_{n+1}$ を出力設定値として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力値を制御するとともに、 $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_{n+1}$ の計数を開始し、以後、溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーク長制御方法である。

【0018】請求項2の発明は、不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の終了の直前の移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数 $Q_{mn}$ を、前記移動平均周期 $T_m$ で除算して、短絡回数移動平均値 $Q_{mu}=Q_{mn}/T_m$ を演算し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $Q_{mu}-Q_{ru}$ に対応した $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記平均値 $Q_{mu}$ と目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差の関数 $f(Q_{mu}-Q_{ru})$ に対応した次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回目の制御期間における溶接出力設定値 $P_n$ とを加算して $P_{n+1}=P_n+\Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値として $n+1$ 回目の溶接出力値制御周期 $T_{n+1}$ における溶接出力値を制御するとともに、 $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間 $T_{n+1}$ 中の短絡回数の計数を開始し、以後、溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーク長制御方法である。

【0019】請求項3の発明は、不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の終了直前の移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数 $Q_{mn}$ を、前記移動平均周期 $T_m$ で除算して

前記移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数移動平均値 $Q_{mu}=Q_{mn}/T_m$ を演算し、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、前記短絡回数 $Q_n$ を前記 $n$ 回目の制御期間の長さ $T_n$ で除算して単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}=Q_n/T_n$ を演算し、前記短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $Q_{tu}-Q_{ru}$ に対応した $n+1$ 回目の溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差の関数 $f(Q_{mu}-Q_{ru})$ に対応した次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回目の制御期間 $T_n$ における溶接出力設定値 $P_n$ とを加算して $P_{n+1}=P_n+\Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力値を制御するとともに、 $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間 $T_{n+1}$ 中の短絡回数の計数を開始し、以後、溶接電流の通電終了まで繰り返すMAGアーク溶接アーク長制御方法である。

【0020】請求項4の発明は、不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、前記短絡回数 $Q_n$ を前記溶接出力値制御期間の長さ $T_n$ で除算して単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ を演算し、前記短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $Q_{tu}-Q_{ru}$ に対応した $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記短絡回数 $Q_{tu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_t=Q_{tu}-Q_{ru}$ と変化率 $dQ_{tu}=Q_{tu}-Q_{tu-1}$ とを入力条件としてファジィ推論により次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ を決定し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と $n$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力設定値 $P_n$ とを加算して、 $P_{n+1}=P_n+\Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力値を制御するとともに、 $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_{n+1}$ の計数を開始し、以後、溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーク長制御方法である。

【0021】請求項5の発明は、不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の終了の直前の移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数 $Q_{mn}$ を前記移動平均周期 $T_m$ で除算して短絡回数移動平均値 $Q_{mu}=Q_{mn}/T_m$ を演算し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $Q_{mu}-Q_{ru}$ に対応した $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記平均値 $Q_{mu}$ と目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_m=Q_{mu}-Q_{ru}$ と変化率 $dQ_{mu}=Q_{mu}-Q_{mu-1}$ とを入力条件としてファジィ推論により次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回

目の制御期間における溶接出力設定値  $P_n$  とを加算して  $P_{n+1} = P_n + \Delta P_{n+1}$  を溶接出力設定値として  $n+1$  回目の溶接出力値制御期間における溶接出力値を制御するとともに、 $n+1$  回目の溶接出力値制御期間  $T_{n+1}$  中の短絡回数の計数を開始し、以後、溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーク長制御方法である。

【0022】請求項6の発明は、不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、 $n$  回目の溶接出力値制御期間の終了の直前の移動平均周期  $T_m$  中の短絡回数  $Q_{mn}$  を前記移動平均周期  $T_m$  で除算して前記移動平均周期  $T_m$  中の短絡回数移動平均値  $Q_{mu} = Q_{mn} / T_m$  を演算し、 $n$  回目の溶接出力値制御期間  $T_n$  中の短絡回数  $Q_n$  を計数し、前記短絡回数  $Q_n$  を前記制御期間の長さ  $T_n$  で除算して単位時間当りの短絡回数  $Q_{tu} = Q_n / T_n$  を演算し、前記短絡回数  $Q_{tu}$  と単位時間当りの目標短絡回数  $Q_{ru}$  との差  $Q_{tu} - Q_{ru}$  に対応した  $n+1$  回目の溶接出力修正量  $\Delta P_{n+1}$  を演算し、前記移動平均値  $Q_{mu}$  と前記目標短絡回数  $Q_{ru}$  との差  $\Delta Q_m = Q_{ru} - Q_{mu}$  と変化率  $dQ_{mu} = Q_{mu} - Q_{mu-1}$  とを入力条件としてファジィ推論により次の  $n+1$  回目の溶接出力値制御期間  $T_{n+1}$  の長さを決定し、前記溶接出力修正量  $\Delta P_{n+1}$  と前記  $n$  回目の制御期間における溶接出力設定値  $P_n$  とを加算して  $P_{n+1} = P_n + \Delta P_{n+1}$  を溶接出力設定値として  $n+1$  回目の溶接出力値制御期間における溶接出力値を制御するとともに、 $n+1$  回目の溶接出力制御期間  $T_{n+1}$  中の短絡回数の計数を開始し、以後、溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーク長制御方法である。

【0023】請求項7の発明は、請求項2、3、5および6において演算する移動平均値  $Q_{mu}$  として、移動平均周期  $T_m$  中の各抽出単位周期  $\Delta T$  における短絡回数  $Q_n$  の合計を  $T_m$  中の抽出回数  $m$  ( $m = T_m / \Delta T$ ) で除算した値

$$Q_{mu} = (Q_{n1} + Q_{n2} + \dots + Q_{nm}) / m$$

但し  $Q_{n1}$ ,  $Q_{n2} \dots Q_{nm}$  は  $T_m$  中の1回目から  $N_m$  回目までの各抽出単位  $\Delta T$  の間の短絡回数とし、 $\Delta T$  および  $T_m$  は予め定めた一定値によって代用することによって演算をより簡素化したものである。

【0024】請求項8の発明は、不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、長さ  $T_n$  の  $n$  回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数  $Q_n$  を計数し、前記短絡回数  $Q_n$  を短絡抽出単位時間  $\Delta T$  が経過するごとに前記  $n$  回目の溶接出力値制御期間の始期からの経過時間  $N \cdot \Delta T$  ( $N$  は短絡抽出単位時間  $\Delta T$  の経過回数) で除算してそれまでの期間における単位時間当りの平均短絡回数  $Q_{tu}$  を演算し、前記平均短絡回数  $Q_{tu}$  と単位時間当りの目標短絡回数  $Q_{ru}$  との差の関数  $f(Q_{tu} - Q_{ru})$  から溶接出力値制御期間の最適長さ  $T_c$  を演算

し、前記算出値  $T_c$  が所定の長さ  $T_0$  よりも短くなるかまたは前記経過時間  $N \cdot \Delta T$  が溶接出力値制御期間の長さ  $T_n$  に等しくなった時に前記  $n$  回目の溶接出力値制御期間を終了し、前記平均短絡回数  $Q_{tu}$  と前記目標短絡回数  $Q_{ru}$  との差 ( $Q_{tu} - Q_{ru}$ ) に対応した溶接出力修正量  $\Delta P_{n+1}$  を演算し、前記溶接出力修正量  $\Delta P_{n+1}$  と前記  $n$  回目の溶接出力値制御期間中における溶接出力設定値  $P_n$  との和  $P_{n+1} = P_n + \Delta P_{n+1}$  を出力設定値とし、前記算出値  $T_c$  を溶接出力値制御期間の長さ  $T_{n+1}$  として  $n+1$  回目の溶接出力値制御期間を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーク長制御方法である。

【0025】請求項9の発明は、不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、長さ  $T_n$  の  $n$  回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数  $Q_n$  を計数し、短絡抽出単位時間  $\Delta T$  が経過するごとに直前の移動平均周期  $T_m$  中の短絡回数  $Q_{mn}$  を演算し、前記移動平均周期  $T_m$  と算出値  $Q_{mn}$  とから短絡回数移動平均値  $Q_{mu} = Q_{mn} / T_m$  を演算し、前記平均値  $Q_{mu}$  と単位時間当りの目標短絡回数  $Q_{ru}$  との差の関数  $f(Q_{mu} - Q_{ru})$  に対応した溶接出力値制御期間の最適長さ  $T_c$  を演算し、前記算出値  $T_c$  が所定の長さ  $T_0$  よりも短くなるかまたは前記  $n$  回目の溶接出力値制御期間の始期からの経過時間  $N \cdot \Delta T$  ( $N$  は短絡抽出単位時間  $\Delta T$  の経過回数) が設定された前記  $n$  回目の溶接出力値制御期間の長さ  $T_n$  に達したときに前記  $n$  回目の溶接出力値制御期間を終了し、前記移動平均値  $Q_{mu}$  と前記目標短絡回数  $Q_{ru}$  との差 ( $Q_{mu} - Q_{ru}$ ) に対応した溶接出力修正量  $\Delta P_{n+1}$  を演算し、前記溶接出力修正量  $\Delta P_{n+1}$  と前記  $n$  回目の溶接出力値制御期間中における溶接出力設定値  $P_n$  との和  $P_{n+1} = P_n + \Delta P_{n+1}$  を溶接出力設定値とし、前記算出値  $T_c$  を溶接出力値制御期間の長さ  $T_{n+1}$  として  $n+1$  回目の溶接出力値制御期間を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーク長制御方法である。

【0026】請求項10の発明は、不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗性電極を送給してアーク溶接するGMA溶接のアーク長制御方法において、長さ  $T_n$  の  $n$  回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数  $Q_n$  を計数し、短絡抽出単位時間  $\Delta T$  が経過するごとに直前の移動平均周期  $T_m$  中の短絡回数  $Q_{mn}$  を演算し、前記移動平均周期  $T_m$  と算出値  $Q_{mn}$  とから短絡回数移動平均値  $Q_{mu} = Q_{mn} / T_m$  を演算し、前記移動平均値  $Q_{mu}$  と単位時間当りの目標短絡回数  $Q_{ru}$  との差の関数  $f(Q_{mu} - Q_{ru})$  に対応した溶接出力値制御期間の最適長さ  $T_c$  を演算し、前記算出値  $T_c$  が所定の長さ  $T_0$  よりも短くなるかまたは前記  $n$  回目の制御期間の始期からの経過時間  $N \cdot \Delta T$  ( $N$  は短絡抽出単位時間  $\Delta T$  の回数) が設定された前記  $n$  回目の溶接出力値制御期間の長さ  $T_n$  に達した



ときに前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間を終了し、前記短絡回数 $Q_n$ を前記経過時間 $N \cdot \Delta T$ で除算して単位時間当りの平均短絡回数 $Q_{tu}$ を演算し、前記平均短絡回数 $Q_{tu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $(Q_{tu} - Q_{ru})$ に対応した溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回目の制御期間中における溶接出力設定値 $P_n$ との和 $P_{n+1} = P_n + \Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値とし、前記算出値 $T_c$ を溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーカ長制御方法である。

【0027】請求項11の発明は、不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗電極を送給してアーカ溶接するGMA溶接のアーカ長制御方法において、長さ $T_n$ の $n$ 回目の溶接出力値制御周期中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、前記短絡回数 $Q_n$ を短絡抽出単位時間 $\Delta T$ が経過することに前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の始期からの経過時間 $N \cdot \Delta T$  ( $N$ は短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の経過回数)で除算してそれまでの期間における単位時間当りの平均短絡回数 $Q_{tu}$ を演算し、前記平均短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_t = Q_{tu} - Q_{ru}$ と変化率 $dQ_{tu} = Q_{tu} - Q_{tu-1}$ とを入力条件としてファジィ推論により次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の最適長さ $T_c$ を決定し、前記決定値 $T_c$ が所定の長さ $T_o$ よりも短くなるかまたは前記経過時間 $N \cdot \Delta T$ が前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_n$ に等しくなった時に前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間を終了し、前記平均短絡回数 $Q_{tu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $(Q_{tu} - Q_{ru})$ に対応した溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間中における溶接出力設定値 $P_n$ との和 $P_{n+1} = P_n + \Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値とし、前記決定値 $T_c$ を溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーカ長制御方法である。

【0028】請求項12の発明は、不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗電極を送給してアーカ溶接するGMA溶接のアーカ長制御方法において、長さ $T_n$ の $n$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、短絡抽出単位時間 $\Delta T$ が経過することに直前の移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数 $Q_{mn}$ を演算し、前記移動平均周期 $T_m$ と算出値 $Q_{mn}$ とから短絡回数移動平均値 $Q_{mu} = Q_{mn} / T_m$ を演算し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_m = Q_{mu} - Q_{ru}$ と変化率 $dQ_{mu} = Q_{mu} - Q_{mu-1}$ とを入力条件としてファジィ推論により溶接出力値制御期間の最適長さ $T_c$ を決定し、前記決定値 $T_c$ が所定の長さ $T_o$ よりも短くなるかまたは前記 $n$ 回目の制御期間の始期からの経過時間 $N \cdot \Delta T$  ( $N$ は短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の回数)が設定され

た前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_n$ に達したときに前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間を終了し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $(Q_{mu} - Q_{ru})$ に対応した溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記前記 $n$ 回目の制御期間 $T_n$ における溶接出力設定値 $P_n$ との和 $P_{n+1} = P_n + \Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値とし、前記決定値 $T_c$ を溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーカ長制御方法である。

【0029】請求項13の発明は、不活性ガスを主成分とするシールドガスを使用し消耗電極を送給してアーカ溶接するGMA溶接のアーカ長制御方法において、長さ $T_n$ の $n$ 回目の溶接出力値制御期間中の短絡回数 $Q_n$ を計数し、短絡抽出単位時間 $\Delta T$ が経過することに直前の移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数 $Q_{mn}$ を演算し、前記移動平均周期 $T_m$ と算出値 $Q_{mn}$ とから短絡回数移動平均値 $Q_{mu} = Q_{mn} / T_m$ を演算し、前記移動平均値 $Q_{mu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_m = Q_{mu} - Q_{ru}$ と変化率 $dQ_{mu} = Q_{mu} - Q_{mu-1}$ とを入力条件としてファジィ推論により溶接出力値制御期間の最適長さ $T_c$ を決定し、前記決定値 $T_c$ が所定の長さ $T_o$ よりも短くなるかまたは前記 $n$ 回目の制御期間の始期からの経過時間 $N \cdot \Delta T$  ( $N$ は短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の経過回数)が設定された前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_n$ に達したときに前記 $n$ 回目の溶接出力値制御期間を終了し、前記短絡回数 $Q_n$ を前記経過時間 $N \cdot \Delta T$ で除算して単位時間当りの平均短絡回数 $Q_{tu}$ を演算し、前記平均短絡回数 $Q_{tu}$ と前記目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $(Q_{tu} - Q_{ru})$ に対応した溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ を演算し、前記溶接出力修正量 $\Delta P_{n+1}$ と前記 $n$ 回目の制御期間 $T_n$ における溶接出力設定値 $P_n$ との和 $P_{n+1} = P_n + \Delta P_{n+1}$ を溶接出力設定値とし、前記決定値 $T_c$ を溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ として $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間を開始し、以後溶接電流の通電終了まで繰り返すGMA溶接のアーカ長制御方法である。

【0030】請求項14の発明は、請求項9、10、12および13において演算する移動平均値 $Q_{mu}$ として、移動平均周期 $T_m$ 中の各抽出単位周期 $\Delta T$ における短絡回数 $Q_n$ の合計を $T_m$ 中の抽出回数 $i$  ( $i = T_m / \Delta T$ )で除算した値 $Q_{mu} = (Q_{n1} + Q_{n2} + \dots + Q_{ni}) / i$ 但し $Q_{n1}, Q_{n2}, \dots, Q_{ni}$ は $T_m$ 中の1回目から $i$ 回目までの各抽出単位 $\Delta T$ の間の短絡回数とし、 $\Delta T$ および $T_m$ は予め定めた一定値によって代用することによって演算をより簡素化したものである。

【0031】

【実施例】

(実施例1) 図8及び図12は、図1の請求項1の対応図に示す制御方法の第1の実施例であって、以下、図7、図8及び図12を参照して請求項1の制御方法につ

いて説明する。

【0032】(図7の説明)図7は、本発明のアーク長制御方法を直流アーク溶接制御装置に適用したときのブロック図である。同図において、商用電源ACを入力として溶接電流を溶接電源回路PSから消耗電極1の電極チップ4と被溶接物2との間に供給してアーク3を発生させる。消耗電極1はワイヤ送給モータWMにより回転するワイヤ送給ローラWRにより送給される。平均溶接電流設定回路IRは、ワイヤ送給モータWMのワイヤ送給速度により定まる溶接電流の平均値Iaを設定するための平均溶接電流設定信号Irを出力する。ワイヤ送給制御回路WCは、信号Irを入力としてワイヤ送給モータWMに電圧Wcを出力する。溶接電圧検出回路VDは、溶接電圧の瞬時値を検出して短絡有無判別回路QD及び溶接電圧比較回路CM1に溶接電圧検出信号Vdを出力する。溶接電流検出回路IDは、溶接電流瞬時値を検出して後述する入出力信号変換回路I/Oに出力電流通電開始信号及び出力電流通電終了信号を含む溶接電流検出信号Idを出力する。短絡有無判別回路QDは、溶接電圧検出信号Vdを入力として短絡を判別して、短絡

10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50

11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50

【0033】この短絡割り込み回路WKは、短絡有無判別信号Qdが入力されたときに、中央演算処理回路CPU内に形成された図示していない短絡回数カウンタNCの計数値に1を加算する。短絡抽出単位クロックタイムTMは、短絡の抽出(サンプリング)周期を定めるタイムであって、例えば、短絡抽出単位時間 $\Delta T = 100$ (ms)毎に抽出単位時間信号(クロック信号)Ckを出力する。以下の本発明の実施例においては、1回の溶接出力値制御期間の長さTn(秒)は、この短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の1ないし10倍の整数値が選定されるので、0.1ないし1.0(秒)である。この整数値が、後述する1回の溶接出力値制御期間中の短絡抽出単位の回数Ntを示している。

【0034】ROMは、読み出し専用記憶回路であって、予め定めた設定値の設定信号、例えば、平均溶接電流設定信号Irに対応した溶接電圧設定信号Vr、単位時間当りの目標短絡回数Qruなどの各定数の初期値等が読み出される。RAMは、書き込み・読み出し記憶回路であって、平均溶接電流設定信号Ir、出力値制御期間Tn中の短絡抽出単位の回数Nt、短絡回数の計数値Q、各設定値、各演算値等の書き込み及び読み出しが行われる。

【0035】アナログ・デジタル変換回路A/Dは、平均溶接電流設定信号Irをデジタル値に変換して入出力信号変換回路I/Oに出力する。この回路I/Oはさらに、CPUの出力信号をデジタル・アナログ変換回路D/Aに伝達する。中央演算処理回路CPUは、短絡割り込み回路WK、短絡抽出単位クロックタイムTM、入出力信号変換回路I/O、読み出し専用記憶回路

ROM及び書き込み・読み出し記憶回路RAMと接続されており、これらの回路は後述する図8及び図12の1回の溶接出力値制御期間及び溶接電圧設定値を制御するルーチンのフローチャートに示す機能を有している。

【0036】CM1は、溶接電圧検出信号Vdと中央演算処理回路CPUが演算した(n回目の)溶接出力値制御期間(長さTn)における溶接電圧設定信号Vnとを入力とし、その差の溶接出力値制御信号Psを溶接出力値制御回路を含む溶接電源回路PSに出力して、アーク電圧を略設定値に等しくなるように制御する。図8及び図12を参照して実施例1の溶接出力値制御期間の長さ及び溶接電圧設定値の制御方法を説明する。

【0037】(図8の説明)

ブロック31(NCリセット)

中央演算処理回路CPU内に形成された短絡回数カウンタNCの短絡回数の計数値Qnを零にリセットする。

【0038】ブロック32A(Tnに対応したNtの初期化)

溶接出力値制御期間の長さTnを初期化する。この制御期間の長さTnとして予め定めた短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の回数Nt( $=Tn/\Delta T$ )を使用し、そのNtの初期値を1とする。すなわち、短絡抽出単位クロックタイムTMは、短絡回数の計数を予め定めた単位時間、例えば、100(ms)の間行うように、この短絡抽出単位時間 $\Delta T$ 毎に、抽出単位時間信号(クロック信号)Ckを出力する。また、溶接出力値制御期間は、この期間内では単一の溶接出力値に制御する。この制御期間の長さは、上記の短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の整数倍、例えば、1ないし10が選定されるので、この制御期間の長さTnの代りに、この制御期間中の短絡抽出単位の回数Nt(回)を使用することができ、この置換をすることによってデジタル処理が簡素化される。

【0039】ブロック33(Ir)

平均溶接電流設定信号IrをA/DからRAMに読み込む。

ブロック34(Qru)

予めROMに記憶されている単位時間当りの目標短絡回数(例えば、数回ないし十数回)設定信号QruをROMからCPUに読み込む。

40 ブロック35(Irに対応したVrの初期化)

予めROMに記憶されている溶接電圧設定信号Vrの初期値Voを読み出してD/Aから溶接電圧比較回路CM1に読み出す。

ブロック36(Id)

溶接電流検出信号Idに含まれる出力電流通電開始信号が無であれば待機し、有であればブロック37に進む。

ブロック37(TM)

溶接作業が開始されて、出力電流通電開始信号が有になったときは、短絡抽出単位クロックタイムTMが計数を開始する。

【0040】ブロック38及び39 (Qd 及びNC)  
クロックタイマTMの1単位 (短絡抽出単位時間 $\Delta T$ 、例えば100ms) 内のときは、タイマの割り込みがないので、短絡有無判別信号Qdの割り込みがあれば、ブロック39において短絡回数カウンタNCに1を加算して $Qn = Qn + 1$ として短絡回数 $Qn$ を計数する。この計数後または信号Qdの割り込みがなければ、ブロック37に戻り、短絡抽出単位時間 $\Delta T$ に達するまで、これらのループを繰り返す。

【0041】ブロック40及び41 (Id, Nt)  
上述したブロック37ないし39のループを繰り返して短絡抽出単位時間 $\Delta T$ に達したとき、溶接作業が継続している限り、溶接電流検出信号Idに含まれる出力電流通電終了信号が無であるので、制御期間 $Tn$ 時間内の短絡抽出単位回数 $Nt$ から1が減算される。

ブロック42 ( $Nt = 0$ )

短絡抽出単位回数 $Nt$ が0でないときは、クロックタイマTMの次の短絡抽出単位時間 $\Delta T$ に達するまで、前述したループ37ないし39のループを繰り返して、短絡回数の加算を続ける。 $Nt = 0$ に達したときに、ブロッ

ック50A (図12のフローチャート) のルーチンに入る。

ブロック43A ( $Q \rightarrow 0$ )

50A (図12のフローチャート) のルーチンが終了すると、短絡回数カウンタNCの短絡回数 $Q$ がリセットされ、ブロック37に戻り、ブロック40の出力電流通電終了信号が入力されるまで、ブロック37からブロック43Aまでのループとブロック50A即ち、後述する図12のブロック51ないしブロック57のループとを繰り返す。

ブロック49 (終了)

ブロック40において出力電流通電終了信号が入力されたとき、ブロック49で終了となる。

【0042】(図12の説明) 以下の説明においては、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の時間 $Tn$ 内に計数した短絡回数 $Qn$ から、次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V_{n+1}$ を得て溶接出力値を修正して制御する場合について説明する。

【0043】ブロック51 ( $Qn$ の記憶)

前述した図8のフローチャートのブロック42の短絡抽出単位回数 $Nt$ が0に達したとき、ブロック39の短絡回数カウンタNCで計数した短絡回数 ( $n$ 回目の制御期間中の短絡回数 $Qn$ ) をRAMに記憶する。

【0044】ブロック52 ( $Nt$ の演算)

$n$ 回目の制御期間中の短絡回数 $Qn$ を、 $n$ 回目の制御期間の長さ $Tn$ のときの短絡抽出単位回数 $Nn$  ( $Nn = Tn / \Delta T$ ) で除算して、単位時間当りの短絡回数 $Qtu = Qn / Tn = Qn / Nn$ を得る。

ブロック53A ( $\Delta V_{n+1}$ の演算)

上記単位時間当りの短絡回数 $Qtu$ と単位時間当りの目標

短絡回数 $Qru$ との差によって次の $n+1$ 回目の溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V_{n+1} = K1 (Qtu - Qru)$ を演算する。

ブロック54A ( $T_{n+1}$ の演算)

上記単位時間当りの短絡回数 $Qtu$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Qru$ との差の関数から、次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1} = f (Qtu - Qru)$ を演算する。

ブロック55

上記溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V_{n+1}$ と制御期間 $Tn$ における溶接出力設定値 $Vn$ とを加算して、 $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接電圧設定値 $V_{n+1} = Vn + \Delta V_{n+1}$ を演算する。

ブロック56

ブロック54Aで演算した次の制御期間における短絡抽出単位回数 $N_{t+1} = T_{n+1} / \Delta T$ を $Nt$ にセットする。

【0045】ブロック57

溶接電圧設定値 $V_{n+1}$ をD/Aから出力する。上記の図12のブロック57において説明した $n+1$ 回目の制御期間における溶接電圧設定値 $V_{n+1}$ は、図7の制御装置の溶接電圧比較回路CM1に出力されて、図7で説明したように、アーク電圧を制御する。このブロック57の動作が終了すると、前述した図8のブロック43Aで短絡回数カウンタNCをリセットした後に、ブロック37に戻り、ブロック37ないしブロック43Aとブロック50A即ち、上記図12のブロック51ないし57のループを繰り返す。図8のブロック40の出力電流通電終了信号が入力されたとき、ブロック49で終了となる。

【0046】(実施例2) 図9及び図13は、図2の請求項2の対応図に示す制御方法の第2の実施例であって、以下、図9及び図13を参照して請求項2の制御方法について説明する。なお、請求項2の制御方法が適用される制御装置は、実施例1と同様に図7に示す装置である。図8及び図12で説明した請求項1の制御方法は、1回の溶接出力値制御期間の長さ $Tn$ が、単位時間当りの短絡回数 $Qtu$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Qru$ との差によって変化するものであった。例えば、実施例1では0.1から1.0 (秒) まで10段階で変化するもので、制御期間の長さ $Tn$ が0.1 (秒) で短いときは、溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V$ によって、直ちに溶接出力値を制御することができるので応答速度は大である。しかし、制御期間の長さ $Tn$ が0.1 (秒) のように短い時には、1回の制御期間内のデータ数が少ないにもかかわらず、制御期間の長さ $Tn$ も直ちに応答し、さらに前回の溶接電圧の修正量も応答し、これらを繰り返して不安定現象が発生することがある。そこで、図2の請求項2の対応図に示す制御方法は、サンプリング期間を予め定めた一定の移動平均周期 $Tm$ を設定して、短絡回数移動平均値 $Qmu$ を変数にすることによって、次の制

制御期間の長さ $T_n$ を定めて、上記のように制御期間の長さ $T_n$ が短くなったときにもデータ数の減少を防止して不安定現象の発生を防止している。

【0047】(図9の説明)図9において図8と同一の機能を有するブロックは、図8と同一の符号を付し、説明を省略する。

#### 【0048】ブロック44A

短絡抽出期間 $\Delta T$ の間の短絡回数 $Q$ を計数し、RAM内のFIFOメモリの $Q_{nm}$ に格納する。このときFIFOメモリは、1段シフトされて $Q_{n1}$ の内容が放棄されて $Q_{n2}$ の内容が $Q_{n1}$ に移され、同様にして $Q_{n2} \sim Q_{nm-1}$ がそれぞれ1段前に移されて、最新の $m$ 個のデータ $Q_{n1} \sim Q_{nm}$ が格納される。

#### ブロック44B ( $Q_{mu}$ の演算)

FIFOメモリから $Q_{n1} \sim Q_{nm}$ を読み出して移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数の合計の単位時間当りの平均値 $Q_{mu} = (Q_{n1} + Q_{n2} + \dots + Q_{nm}) / m$ 、(但し $m = T_m / \Delta T$ )を、短絡抽出単位時間の経過毎に演算する。

#### ブロック43B (カウンタのリセット)

ブロック44Bの平均値 $Q_{mu}$ の演算終了毎に、短絡回数カウンタNCの短絡回数 $Q$ をリセットする。

【0049】(図13の説明)以下の説明においては、 $n$ 回目の制御期間の終了の直前の移動平均周期 $T_m$ の時間内に計数した短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ から、次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ 及びその期間における溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V_n$ を演算して、この値によって溶接出力設定値を修正して制御する場合について説明する。図13において、図12と同一の機能を有するブロックは、図12と同一の符号を付し、説明を省略する。

#### 【0050】ブロック53B ( $\Delta V_{n+1}$ の演算)

移動平均周期 $T_m$ 内における単位時間当りの短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $Q_{mu} - Q_{ru}$ に対応した $n+1$ 回目の溶接電圧設定値修正量 $\Delta V_{n+1} = K_1 (Q_{mu} - Q_{ru})$ を演算する。

#### ブロック54B ( $T_{n+1}$ の演算)

上記短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差の関数から、次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1} = f(Q_{mu} - Q_{ru})$ を演算する。

【0051】上記の図13のブロック57において説明した $n+1$ 回目の制御期間における溶接電圧設定値 $V_{n+1}$ は、図12で説明した順序でアーク電圧を制御する。このブロック57の動作が終了すると、図9で説明した順序でブロック37ないし50Bのループを繰り返す、さらに溶接電流終了によりブロック49で終了となる。

【0052】(実施例3)図10及び後述する図14は、図3の請求項3の対応図に示す制御方法の第3の実施例である。図10は、実施例2で説明した図9において、1回の制御期間中における全短絡回数を累積記憶す

る行程を44Aと44Bとの間に44Cとして追加したものであり、その他は図9と全く同じである。

【0053】図10及び図14を参照して請求項3の制御方法について説明する。なお、請求項3の制御方法が適用される制御装置は、実施例1と同様に、図7に示す装置である。図9及び図13で説明した請求項2の制御方法は、溶接出力値制御期間の長さ及び溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V_r$ の変数値は、ともに移動平均周期 $T_m$ における短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ であった。制御期間の長さ $T_n$ を決定する変数値は、移動平均周期 $T_m$ における短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ であるので、周期 $T_m$ を適当に選定するときは常に十分なデータ数が確保でき、実施例1の動作よりも、安定性が改善されている。しかし、実施例2においては、溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V$ の変数値も、短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ によって定まるために、変動した短絡回数が移動平均周期 $T_m$ 内で平滑化されてしまっており、結局、実施例1に比較して安定性は改善されるが、応答速度が遅くなる可能性がある。

【0054】そこで、図3の請求項3の対応図に示す制御方法は、請求項2と同様に、予め定めた一定の短絡抽出回数 $N_m$ 、すなわち移動平均周期 $T_m$ を設定して、この期間の短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ を変数値にすることによって、次の制御期間の長さを定めるようにして、制御期間の長さが短くなってもその繰り返しから生じる不安定現象の発生を防止するとともに、溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V$ の変数値を、図12の実施例1の制御方法と同様に、1回の制御期間中の短絡回数の合計の単位時間当りの平均値 $Q_{tu}$ を採用することによって、応答速度が遅くなることを防止している。

【0055】(図14の説明)図14においては、図13の説明と同様に、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の終了の直前の移動平均周期 $T_m$ の時間内に計数した短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ から、次の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ を演算するとともに、 $n$ 回目の制御期間 $T_n$ 中の単位時間当りの短絡回数の平均値 $Q_{tu}$ から次の制御期間における溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V_{n+1}$ を演算して、この値によって溶接出力値を修正して制御する場合について示している。図14において、図12または図13と同一の機能を有するブロックは、図12または図13と同一の符号を付すと、すべていずれかに属するので説明を省略する。

【0056】上記の各実施例においては、溶接出力設定値及び溶接出力値制御期間の長さの決定とともに目標とする平均短絡回数との差を変数として、予め定められた関数によって求めていた。本発明の第4ないし第6番目の発明は、制御をより確実にするために溶接出力設定値は、先の実施例と同様に短絡回数の目標からの差によって求め、溶接出力値制御期間の長さは短絡回数の差と変化率とを入力条件としてファジィ推論によって決定する

ようにしたものである。以下において、溶接出力値制御期間の長さを決定する方法のみが前述の各実施例と異なるのでこの部分のフロー図を示して説明する。

【0057】（実施例4）図15は、図4の請求項4の対応図に示す制御方法の実施例のうち溶接出力値制御期間の長さおよび溶接出力値設定値とを求める部分のルーチンのフローチャートであり、請求項1の動作を説明する図8のフローチャートのうちのブロック50Aに相当する部分である。その他のフローチャートは図8のフローチャートと同様である。それ故、請求項4の発明は、図8のフローチャートのブロック50Aを図12から図15に置きかえたものに相当するので、図12と同じ部分は説明を省略し、図15において特有の部分のみについて説明する。

【0058】ブロック54C（ファジイ推論による $T_{n+1}$ の決定）

単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_t = Q_{tu} - Q_{ru}$ と変化率 $dQ_t = Q_{tu} - Q_{tu-1}$ （但し $Q_{tu-1}$ は前回、即ち $(n-1)$ 回目の制御期間 $T_{n-1}$ における単位時間当りの短絡回数）とを  
40 入力条件として、ファジイ推論により $(n+1)$ 回目の制御期間の長さ $T_{n+1}$ を決定する。なお、ファジイ推論の例については後に説明する。

【0059】上記の図15のブロック57において出力された $n+1$ 回目の制御期間のための溶接電圧設定値 $V_{n+1}$ は、図7の制御装置の溶接電圧比較回路CM1に出力されて、図7で説明したように、アーク電圧を制御する。このブロック57の動作が終了すると、前述した図8のブロック43Aで短絡回数カウンタNCの短絡回数 $Q$ をリセットした後に、図8のブロック37に戻り、ブ  
40 ロック37ないしブロック43Aと上記図15のブロック51ないし57のループを繰り返す。図8のブロック40の出力電流通電終了信号が入力されたとき、ブロック49で終了となる。

【0060】（実施例5）図16は、図5の請求項5の対応図に示す制御方法の実施例のうち溶接出力値制御期間の長さの決定部分のフローチャートを主に示したものであり、前述の請求項2の動作を説明する図9のフロー  
40 チャートのうちのブロック50Bに相当するものである。その他のフローチャートについては、図9のフローチャートと同様である。それ故、請求項5の発明の動作は図9のフローチャートのブロック50Bの部分を図13から図16に置きかえたものに相当する。

【0061】図16において、ブロック53B、55ないし57は、図12と同一の機能を有するブロックであるので、図12と同一の符号を付し、説明を省略する。

ブロック54D（ファジイ推論による $T_{n+1}$ の演算）

$n$ 回目の溶接出力値制御期間の終了直前における短絡回数の移動平均値 $Q_{mu}$ と目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_n = Q_{mu} - Q_{ru}$ と変化率 $dQ_{mu} = Q_{mu} - Q_{mu-1}$ （但し $Q_{mu}$

—1は $Q_{mu}$ を演算した直前の回の移動平均値）とを入力条件としてファジイ推論により $(n+1)$ 回目の制御期間の長さ $T_{n+1}$ を決定する。

【0062】上記の図16のブロック57において出力された $n+1$ 回目の制御期間における溶接電圧設定値 $V_{n+1}$ は、図12で説明した順序でアーク電圧を制御する。このブロック57の動作が終了すると、図9で説明した順序でブロック37ないし39とブロック50B即ち、図16のブロック53Bないし57のループを繰り返す、さらにブロック49で終了となる。

【0063】（実施例6）図17は、図6の請求項6の対応図に示す制御方法の実施例のうち、溶接出力値制御期間の決定部分のフローチャートを主に示したものであり、前述の請求項3の動作を説明する図10のフローチャートのうちのブロック50Cに相当するものである。その他のフローチャートは図10のフローチャートと同様である。それ故、請求項6の発明の動作は図10のフローチャートのブロック50Cを図14から図17に置きかえたものに相当する。図17においては、図14の制御期間を決定するブロック54Bを図16のファジイ推論により決定するブロック54Dに置き換えたものであり、 $n$ 回目の溶接出力値制御期間の終了する直前の移動平均周期 $T_n$ の時間内に計数した短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ から、ファジイ推論によって次回の $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ を決定するとともに、 $n$ 回目の制御期間中の単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ から次の制御期間における溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V_n$ を演算して、この値によって溶接出力値を修正して制御する場合について示している。図17において、ブロック51  
40 ないし53A及び55ないし57は図12と同様であり、ブロック54Dは図16のブロック54Dと同様であるので詳細な説明は省略する。

【0064】なお、図9及び図10において、移動平均周期 $T_n$ 内の短絡回数の合計の単位時間当りの平均値 $Q_{mu}$ の演算を行うブロック44Bは、各抽出単位時間 $\Delta T$ の経過する毎に行ったが、この演算は1回の制御期間 $T_n$ の終了時、即ちブロック42で $N_t = 0$ と判断されてブロック50Bに分岐するまでの間に行われればよい。さらに詳細には、図9のブロック50Bに相当する図13のブロック53Bまたは図10のブロック50Bに相当する図14のブロック54Bの直前までに行うようにブロック44Bの挿入位置を変更してもよい。

【0065】同様に図16及び図17においても移動平均値 $Q_{mu}$ の演算は、遅くとも図16のブロック53Bまたは図17のブロック54Dの直前までに行うようにすればよい。また短絡回数のカウンタNCの内容 $Q_n$ のリセットは、図9及び図10においてそれぞれブロック44Aの次からブロック41の次までの間に行うようにその挿入位置を変更してもよい。

【0066】（制御期間の長さ $T_{n+1}$ のファジイ推論の



例) 次に請求項4ないし6において実施する制御期間の長さ $T_{n+1}$ を決定するためのファジイ推論の例について説明する。表1は本発明で用いる制御ルールの例であり、入力条件を短絡回数目標値からの差 $\Delta Q$ と変化率 $dQ$ とし、結論部に制御期間の長さ $T_{n+1}$ を得るものを示している。ここで差の変化率 $\Delta Q/dt$ は、

$$\begin{aligned}\Delta Q/dt &= (\Delta Q_n - \Delta Q_{n-1}) / dt \\ &= \{ (Q_n - Q_{ru}) - (Q_{n-1} - Q_{ru}) \} / dt \\ &= (Q_n - Q_{n-1}) / dt\end{aligned}$$

ここで、今回計数による単位時間当りの短絡回数を $Q_{tu}$ 、前回計数の単位時間当りの短絡回数を $Q_{tu-1}$ とし、また、 $\Delta Q_n$ 、 $\Delta Q_{n-1}$ を $Q_{tu}$ 、 $Q_{tu-1}$ 、 $Q_{ru}$ で表わしたときは、 $dt=1$ となるので $\Delta Q/dt = Q_{tu} - Q_{tu-1} = dQ$ によって代用できることになり各請求項4ないし6における $\Delta Q$ 及び $dQ$ は表2の通りの値を採用する。

\* 【0067】

【表1】

$\Delta Q$ $dQ$	N	Z	P
N	S	M	M
Z	S (5)	L (1)	S (3)
P	M (6)	M (2)	S (4)

【0068】

【表2】

\*

	請求項4, 11	請求項5, 12	請求項6, 13
$\Delta Q$	$\Delta Q = \Delta Q_t$ ( $=Q_{tu} - Q_{ru}$ )	$\Delta Q = \Delta Q_n$ ( $=Q_{nu} - Q_{ru}$ )	$\Delta Q = \Delta Q_l$ ( $=Q_{lu} - Q_{ru}$ )
$dQ$	$dQ = dQ_t$ ( $=Q_{tu} - Q_{tu-1}$ )	$dQ = dQ_n$ ( $=Q_{nu} - Q_{nu-1}$ )	$dQ = dQ_l$ ( $=Q_{lu} - Q_{lu-1}$ )

【0069】制御ルールを表1のように定めた理由は次の通りである。但し、表1においてZは零、NはNegative、即ち $\Delta Q < 0$ 、 $dQ < 0$ 、PはPositive、即ち $\Delta Q > 0$ 、 $dQ > 0$ を示す。

(1)  $\Delta Q = Z$ 、 $dQ = Z$ のとき

差 $\Delta Q$ も変化率 $dQ$ もともに零(Z)のときには、目標通りの短絡回数でかつ落ちついている状態であるから、制御期間の長さ $T_{n+1}$ は長く(L)する。

(2)  $\Delta Q = N$ 、 $dQ = N$ のとき

$\Delta Q$ がN (Negative、 $\Delta Q_{tu} < \Delta Q_{ru}$ )、即ち短絡回数が目標値より少なく、かつ変化率 $dQ$ もN (Negative…減少)であるので、さらに短絡回数が減少する方向にあるために、変化は急であり、制御期間の長さ $T_{n+1}$ は短く(S)する。

(3)  $\Delta Q = P$ 、 $dQ = P$

$\Delta Q$ がP (Positive、 $\Delta Q_{tu} > \Delta Q_{ru}$ )でかつ $dQ$ もPであるときは、上記と逆に短絡回数が多く、かつさらに増加しつつあるので $T_{n+1}$ はSとする。

(4)  $\Delta Q = N$ 、 $dQ = Z$ または $\Delta Q = P$ 、 $dQ = Z$ のとき、

この場合は、短絡回数は目標からずれているが、変化率

30 は零であるので、目標からずれた状態で落ちついていることを示している。この場合は、 $\Delta Q \neq 0$ のために次の制御期間における出力設定値 $P_{n+1}$ はこの $\Delta Q$ に対応して $P_{n+1} = P_n + \Delta P_{n+1}$ に修正されるために、当然状態は変化し、短絡回数も変化するので、この変化を早く検出するために $T_{n+1}$ はSとする。

(5)  $\Delta Q = Z$ 、 $dQ = N$ または $\Delta Q = Z$ 、 $dQ = P$ のとき、

この場合には、目標との差が零であるが変化率が零ではないので、変化の途中で短絡回数が目標値と一致したことを示している。これは修正動作により目に近づいたことを示しており、 $T_{n+1}$ はM(中間)とする。

(6)  $\Delta Q = P$ 、 $dQ = N$ または $\Delta Q = N$ で $dQ = P$ のとき、

差と変化率との符号が逆であるので短絡回数が目標に近づきつつあり、修正動作の収束方向であるので $T_{n+1} = M$ とする。

【0070】また図18は、ラベルを三つとした三角形のメンバーシップ関数の例を示す。同図において、

(a)は短絡回数の目標値との差 $\Delta Q$ ( $\Delta Q_t$ 、 $\Delta Q_n$ )、(b)は変化率 $dQ$ ( $dQ_{tu}$ 、 $dQ_{nu}$ )、(c)

はこれからルール表1を適用して得られる制御期間の長さ $T_{n+1}$ の各グレード変化を示している。なお、制御期間の長さ $T_{n+1}$ のメンバーシップ関数は、過渡応答性を良くするために若干左寄りに設定してあるが、これは他の装置の応答性に応じて実験により適宜定めればよい。

【0071】次に表1及び図18を用いて制御期間の長さ $T_{n+1}$ を決定するファジィ推論の手順について、図20ないし図25とともに説明する。いま、短絡回数の差 $\Delta Q$ が+2（目標値より少し多い）であり、変化率 $dQ$ が+5（5回増加している）であるときを考える。図18のメンバーシップ関数に入力条件 $\Delta Q=+2$ 、 $dQ=+5$ を記入した図19から、 $\Delta Q$ は $Z=0.6$ と $P=0.1$ とで重なり、 $dQ$ は $Z=0.2$ と $P=0.4$ とで重なっている。それ故、上述の表1のルール表から $\Delta Q$ と $dQ$ の各 $Z$ と $P$ に相当するルール(1)ないし(4)が当てはまる。そこでファジィ推論は図20ないし23に示すように

ルール(1)：(a)  $\Delta Q(Z)=0.6$ 、(b)  $dQ(Z)=0.2$ であるので両者の論理積(MIN)を取り(c)  $T_{n+1}(L)$ は0.2以下を採用する。

同様にして、

ルール(2)：(a)  $\Delta Q(Z)=0.6$ 、(b)  $dQ(P)=0.4$ から(c)  $T_{n+1}(M)=0.4$ 以下、

ルール(3)：(a)  $\Delta Q(P)=0.1$ 、(b)  $dQ(Z)=0.2$ から(c)  $T_{n+1}(S)=0.1$ 以下、

ルール(4)：(a)  $\Delta Q(P)=0.1$ 、(b)  $dQ(P)=0.4$ から(c)  $T_{n+1}(S)=0.1$ 以下、

となり、結論部は図20ないし図23の各(c)の斜線部に示す通り $T_{n+1}(L)=0.2$ 、 $T_{n+1}(M)=0.4$ 、 $T_{n+1}(S)=0.1$ となる。次に各ルール毎の推論結果の結論部の論理和(MAX)を取ると図24のようになる。図24の斜線部の重心を演算し(デフアジャイア処理)で、制御期間の長さ $T_{n+1}$ を得る。この長さ $T_{n+1}$ を次の制御期間の長さとして出力する。

【0072】同様に、もし入力条件が $\Delta Q=-3$ 、 $dQ=+5$ なら、図18において $\Delta Q$ は $N(0.6)$ 、 $Z(0.1)$ 、 $dQ$ は $Z(0.2)$ 、 $P(0.4)$ とで重なるから表1のルール表においてルール(1)、(2)、(5)、(6)が適用されることになり、 $T_{n+1}(L)=0.1$ 、 $T_{n+1}(M)=0.4$ 、 $T_{n+1}(S)=0.2$ となって推論結果は図25に示すようになる。上記の結果から次回の制御期間の長さ $T_{n+1}$ を得て、この期間の間は出力設定値 $P_{n+1}=P_n+\Delta P_{n+1}$ によって溶接出力が制御される。

【0073】(図11の説明)図11は、アルミニウムのMIG溶接において、図12のブロック54Aで演算した $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間 $T_{n+1}$ (縦軸)(秒)と単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ から、単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ を減算した値の絶対値(横軸)と

の関係を示す制御期間の関数図である。なお、本実施例における制御期間の長さ $T_{n+1}$ は次のとおりである。

$|Q_{tu}-Q_{ru}| \leq 10$ のとき、 $T_{n+1}=1.0-0.09 \times |Q_{tu}-Q_{ru}|$

$|Q_{tu}-Q_{ru}| > 10$ のとき、 $T_{n+1}=0.1$

【0074】(実施例7)図26は請求項8の対応図であり、図7、図32および図35は請求項8の制御方法を実施する第7の実施例であって、以下、図7、図32及び図35を参照して請求項8の制御方法について説明する。なお、請求項8の制御方法が適用される制御装置は、実施例1と同様に図7に示す装置である。

【0075】(図32の説明)

ブロック31 (NCリセット)

中央演算処理回路CPU内に形成された短絡回数カウンタNCの短絡回数の計数値を零にリセットする。

【0076】ブロック32A ( $T_n$ に対応した $N_t$ の初期化)

溶接出力値制御期間の長さ $T_c$ を初期化する。この制御期間の長さ $T_c$ として予め定めた短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の回数 $N_t (=T_n / \Delta T)$ を使用し、その $N_t$ の初期値を1とする。すなわち、短絡抽出単位クロックタイム $T_M$ は、短絡回数の計数を予め定めた単位時間 $\Delta T$ 、例えば、100 (ms)の間行うように、この短絡抽出単位時間 $\Delta T$ 毎に、抽出単位時間信号(クロック信号) $C_k$ を出力する。また、溶接出力値制御期間は、この期間内では単一の溶接出力値に制御する。この制御期間の長さは、上記の短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の整数倍、例えば、1ないし10が選定されるので、この制御期間の長さ $T_c$ の代りに、この制御期間中の短絡抽出単位の回数 $N_t$ (回)を使用することができ、この置換をすることによってデジタル処理が簡素化される。

【0077】ブロック33 ( $I_r$ )

平均溶接電流設定信号 $I_r$ をA/DからRAMに読み込む。

ブロック34 ( $Q_{ru}$ )

予めROMに記憶されている単位時間当りの目標短絡回数(例えば、数回ないし十数回)設定信号 $Q_{ru}$ をROMからRAMに読み込む。

ブロック35 ( $I_r$ に対応した $V_r$ の初期化)

予めROMに記憶されている平均溶接電流設定信号 $I_r$ に対応した溶接電圧設定信号 $V_r$ の初期値 $V_o$ を読み出してD/Aから溶接電圧比較回路CM1に出力する。

ブロック36 ( $I_d$ )

溶接電流検出信号 $I_d$ に含まれる出力電流通電開始信号が無であれば待機し、有であればブロック40に進む。

ブロック40

溶接終了指令信号をチェックし、終了信号があれば全制御を終了してブロック49に移り、なければブロック37に進む。

ブロック37 ( $T_M$ )

溶接作業が開始されて、出力電流通電開始信号が有るときは、短絡抽出単位クロックタイム $T_M$ が計数を行なう。

【0078】ブロック38及び39 ( $Q_d$  及び  $N_C$ )

クロックタイム $T_M$ の1単位 (短絡抽出単位時間 $\Delta T$ 、例えば100ms) 内のときは、タイマの割り込みがないので、短絡有無判別信号 $Q_d$ の割り込みがあれば、ブロック39において短絡回数カウンタ $N_C$ に1を加算して $Q_n = Q_n + 1$ として短絡回数 $Q_n$ を計数する。この計数後または信号 $Q_d$ の割り込みがなければ、ブロック40に戻り、短絡抽出単位時間 $\Delta T$ に達するまで、これらのループを繰り返す。

【0079】ブロック41 ( $N_t$ )

上述したブロック37ないし39のループを繰り返して短絡抽出単位時間 $\Delta T$ に達したとき、制御期間 $T_n$ 時間内の短絡抽出単位回数 $N_t$ から1が減算されて図35のフローチャート50Dのルーチンに入る。

ブロック43A ( $Q \rightarrow 0$ )

ブロック50Dのルーチン (後述する図35のフローチャート) が終了すると、短絡回数カウンタ $N_C$ の短絡回数 $Q_n$ がリセットされ、ブロック40に戻り、出力電流通電終了信号が入力されるまで、ブロック37からブロック43Aまでのループと後述する図35のフローチャートのループとを繰り返す。

ブロック49 (終了)

ブロック40において出力電流通電終了信号が入力されたとき、ブロック49で終了となる。

【0080】 (図35の説明) 以下の説明においては、 $N$ 回目の短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の終了により $n$ 回目の溶接出力値制御期間の始期からの経過時間 $N \cdot \Delta T$ 内に計数した短絡回数 $Q_n$ から、最適な溶接出力値制御期間の長さ $T_c$ を演算し、算出された長さ $T_c$ が所定時間 $T_0$ よりも短いまたは期間 $T_n$ が経過したときに $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V_{n+1}$ を得て溶接出力値を修正して制御する場合について説明する。

【0081】ブロック51 ( $Q_n$  の記憶)

前述した図32のフローチャートのブロック37のクロックタイム $T_M$ の割り込みがあったとき、ブロック39の短絡回数カウンタ $N_C$ で計数した短絡回数 ( $n$ 回目の制御期間の始期からの短絡回数 $Q_n$ ) をRAMに記憶する。

【0082】ブロック52 ( $Q_{tu}$  の演算)

短絡回数 $Q_n$ を、 $n$ 回目の制御期間のそれまでの長さ $N \cdot \Delta T = T_n - N_t \cdot \Delta T$ で除算して、単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu} = Q_n / (T_n - N_t \cdot \Delta T)$ を得る。

ブロック54E ( $T_c$  の演算)

上記単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差の関数から、最適な溶接出力値制御期間の長さ $T_c = f(Q_{tu} - Q_{ru})$ を演算する。

ブロック58ないし59 ( $T_c$  の判断および $T_n$  経過の判断)

ブロック54Eで算出した $T_c$ が予め定められた一定時間 $T_0$ よりも短い、または経過時間 $N \cdot \Delta T$ が $n$ 回目の溶接出力制御期間の長さ $T_n$ に達したとき、 $n$ 回目の溶接出力制御期間を終了し、ブロック53Aに進む。 $T_c > T_0$ で $N \cdot \Delta T < T_n$ のときは図32のブロック38に戻り短絡回数の計数を続ける。

ブロック53A ( $\Delta V_{n+1}$  の演算)

10 上記単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差によって次の $n+1$ 回目の溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V_{n+1} = K_1 (Q_{tu} - Q_{ru})$ を演算する。

ブロック55

上記溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V_{n+1}$ と制御期間 $T_n$ における溶接出力設定値 $V_n$ とを加算して、 $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接電圧設定値 $V_{n+1} = V_n + \Delta V_{n+1}$ を演算する。

ブロック56A

20 ブロック54Eで演算した $T_c$ を次の制御期間における溶接出力制御期間の長さ $T_{n+1}$ にセットし ( $T_{n+1} = T_c$ )、これから短絡抽出単位回数 $N_{t+1} = T_c / \Delta T$ を演算して $N_t$ にセットする。

【0083】ブロック57

溶接電圧設定値 $V_{n+1}$ をD/Aから出力する。上記の図35のブロック57において説明した $n+1$ 回目の制御期間における溶接電圧設定値 $V_{n+1}$ は、図7の制御装置の溶接電圧比較回路CM1に出力されて、図7で説明したように、アーク電圧を制御する。このブロック57の動作が終了すると、前述した図32のブロック43Aで短絡回数カウンタ $N_C$ をリセットした後に、ブロック40に戻り、ブロック37ないしブロック43Aと上記図35のブロック51ないし57のループを繰り返す。図32のブロック40で出力電流通電終了信号が入力されたとき、ブロック49で終了となる。

【0084】 (実施例8) 図27は請求項9の対応図であり、図33および図36は請求項9の制御方法を実施する第8の実施例であって、以下、図33及び図36を参照して請求項9の制御方法について説明する。なお、請求項9の制御方法が適用される制御装置は、実施例7と同様に図7に示す装置である。図32及び図35で説明した請求項8の制御方法は、1回の溶接出力値制御期間の長さ $T_c$ が、単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差によって変化するものであった。例えば、実施例7では0.1から1.0 (秒)まで10段階で変化するので、制御期間の長さ $T_c$ が0.1 (秒)で短いときは、溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V$ によって、直ちに溶接出力値を制御することが

50  $T_c$ が0.1 (秒)のように短い時には、1回の制御期

問内のデータ数が少ないにもかかわらず、制御期間の長さ $T_c$ も直ちに応答し、さらに前回の溶接電圧の修正量も応答し、これらを繰り返して不安定現象が発生することがある。そこで、図27の請求項9の対応図に示す制御方法は、サンプリング期間を予め定めた一定の移動平均周期 $T_m$ を設定して、短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ を変数にすることによって、次の制御期間の長さ $T_c$ を定めて、上記のように制御期間の長さ $T_c$ が短くなったときにもデータ数の減少を防止して不安定現象の発生を防止している。

【0085】(図33の説明) 図33において図32と同一の機能を有するブロックは、図32と同一の符号を付し、説明を省略する。

#### 【0086】ブロック44A

1回の抽出単位時間 $\Delta T$ の間の短絡回数 $Q$ を計数し、RAM内のFIFOメモリの $Q_{ni}$ に格納する。このときFIFOメモリは、1段シフトされて $Q_{n1}$ の内容が放棄されて $Q_{n2}$ の内容が $Q_{n1}$ に移され、同様に $Q_{n2} \sim Q_{ni-1}$ がそれぞれ1段前に移されて、最新の1個のデータ $Q_{n1} \sim Q_{ni}$ が格納される。

#### ブロック44B ( $Q_{mu}$ の演算)

FIFOメモリから $Q_{n1} \sim Q_{ni}$ を読み出して移動平均周期 $T_m$ 中の短絡回数の合計の単位時間当りの平均値 $Q_{mu} = (Q_{n1} + Q_{n2} + \dots + Q_{ni}) / i$  (但し  $i = T_m / \Delta T$ ) を、短絡抽出単位時間の経過毎に演算する。

#### ブロック43B ( $Q \rightarrow 0$ )

ブロック44Bの平均値 $Q_{mu}$ の演算終了毎に、短絡回数カウンタNCの短絡回数 $Q_n$ をリセットする。

【0087】(図36の説明) 以下の説明においては、N回目の短絡抽出単位時間の終了により直前の移動平均周期 $T_m$ の時間内に計数した短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ から、最適な溶接出力値制御期間の長さ $T_c$ を演算し、算出された長さ $T_c$ が所定時間 $T_o$ よりも短いまたは期間 $T_n$ が経過したときに移動平均値 $Q_{mu}$ と目標値 $Q_{ru}$ との差から $n+1$ 回目の溶接出力値制御期間における溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V_n$ を演算して、この値によって溶接出力設定値を修正して制御する場合について説明する。図36において、図35と同一の機能を有するブロックは、図35と同一の符号を付し、説明を省略する。

#### 【0088】ブロック54F ( $T_c$ の演算)

上記短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差の関数から、最適な溶接出力値制御期間の長さ $T_c = f(Q_{mu} - Q_{ru})$ を演算する。

#### ブロック53B ( $\Delta V_{n+1}$ の演算)

移動平均周期 $T_m$ 内における単位時間当りの短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_n = Q_{mu} - Q_{ru}$ に対応した $n+1$ 回目の溶接電圧設定値修正量 $\Delta V_{n+1} = K_1(Q_{mu} - Q_{ru})$ を演算する。

【0089】上記の図36のブロック57において出力された $n+1$ 回目の制御期間における溶接電圧設定値 $V$

$n+1$ は、図35で説明したのと同様にアーク電圧を制御する。このブロック57の動作が終了すると、図32で説明したのと同様の順序で図33のブロック37ないし39および図36のブロック54Fないし57のループを繰り返し、さらに溶接電流通電終了指令信号が入力されるとブロック49で終了となる。

【0090】(実施例9) 図28は請求項10の対応図であり、図34及び図37は請求項10の制御方法を実施する第9の実施例である。図34は、実施例8で説明した図33において、1回の制御期間中における全短絡回数を累積記憶する行程をブロック44Aとブロック44Bとの間にブロック44Cとして追加したものであり、その他は図33と全く同じである。

【0091】図34及び図37を参照して請求項10の制御方法について説明する。なお、請求項10の制御方法が適用される制御装置は、実施例7と同様に、図7に示す装置である。請求項9の制御方法においては、制御期間の長さ $T_c$ を決定する変数値は、移動平均周期 $T_m$ における短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ であるので、周期 $T_m$ を適当に選定するときは常に十分なデータ数が確保でき、実施例7の動作よりも、安定性が改善されている。しかし、第8の実施例においては、溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V$ の変数値も、短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ によって定まるために、変動した短絡回数が移動平均周期 $T_m$ 内で平滑化されてしまっており、溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V$ が小さい値になってしまい、結局、実施例7に比較して安定性は改善されるが、応答速度が遅くなる可能性がある。

【0092】そこで、図28の請求項10の対応図に示す制御方法は、請求項9と同様に、予め定めた一定の短絡抽出回数 $N_m$ 、すなわち移動平均周期 $T_m$ を設定して、この期間の短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ を変数値にすることによって、制御期間の長さを定めるようにして、制御期間の長さが短くなってもその繰り返しから生じる不安定現象の発生を防止するとともに、溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V$ の変数値を、図35の実施例7の制御方法と同様に、1回の制御期間中の短絡回数の合計の単位時間当りの平均値 $Q_{tu}$ を採用することによって、応答速度が遅くなることを防止している。

【0093】(図37の説明) 図37においては、図36の説明と同様に、N回目の短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の終了時に直前の移動平均周期 $T_m$ の時間内に計数した短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ から、最適な溶接出力値制御期間の長さ $T_c$ を演算するとともに、この算出した長さ $T_c$ が所定値 $T_o$ より短くなるか期間 $T_n$ が経過したときに $n$ 回目の制御期間 $T_n$ を終了し、この期間中の単位時間当りの短絡回数の平均値 $Q_{tu}$ を演算し、この値から次の制御期間における溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V_{n+1}$ を演算して、この値によって溶接出力値を修正して制御する場合について示している。図37において、図35また

は図36と同一の機能を有するブロックは、図35または図36と同一の符号を付すと、すべていずれかに属するので説明を省略する。また、ブロック56Bは、図35または図36のブロック56Aにトータルカウンタの計数値Qを0にリセットするルーチンを加えたものである。

【0094】上記第7ないし第9の各実施例においても、単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ または $Q_{mu}$ から単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ を減算した値の絶対値に対する溶接出力値制御期間の長さ $T_c$ との関係は、図11に示したものが用いられる。

【0095】本発明の第11ないし第13番目の発明は、本発明の第4ないし第6の発明と同様に制御をより確実にするために溶接出力設定値は、先の実施例と同様に短絡回数の目標からの差によって求め、溶接出力値制御期間の長さは短絡回数の差と変化率とを入力条件としてファジイ推論によって決定するようにしたものである。以下において、溶接出力値制御期間の長さを決定する方法のみが前述の各実施例と異なるのでこの部分のフロー図を示して説明する。

【0096】（実施例10）図29は請求項11の対応図であり、図38は図29に示す制御方法の実施例のうち溶接出力値制御期間の長さと溶接出力値設定値とを求める部分のルーチンのフローチャートであり、請求項8の動作を説明する図32のフローチャートのうちのブロック50Dに相当する部分である。その他のフローチャートは図32のフローチャートと同様である。それ故、請求項11の発明は、図32のフローチャートのブロック50Dを図35から図38に置きかえたものに相当するので、図35と同じ部分には同符号を付して説明を省略し、図38において特有の部分のみについて説明する。

【0097】ブロック54G（ファジイ推論による $T_c$ の決定）

短絡抽出単位時間 $\Delta T$ が経過する毎にその始期からの単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_t = Q_{tu} - Q_{ru}$ と変化率 $dQ_{tu} = Q_{tu} - Q_{tu-1}$ （但し $Q_{tu-1}$ は $Q_{tu}$ を演算した直前の回における単位時間当りの短絡回数）とを入力条件として、ファジイ推論により最適な制御期間の長さ $T_c$ を決定する。なお、ファジイ推論の例については後に説明する。

【0098】上記の図38のブロック57において出力された $n+1$ 回目の制御期間のための溶接電圧設定値 $V_{n+1}$ は、図7の制御装置の溶接電圧比較回路CM1に出力されて、図7で説明したように、アーク電圧を制御する。このブロック57の動作が終了すると、前述した図32のブロック43Aで短絡回数カウンタNCの短絡回数をリセットした後に、図32のブロック40に戻り、ブロック37ないしブロック43Aのループと上記図38のブロック51ないし57のループとを繰り返す。図

32のブロック40で出力電流通電終了信号が入力されたとき、ブロック49で終了となる。

【0099】（実施例11）図30は請求項12の対応図であり、図39は図30に示す制御方法の実施例のうち溶接出力値制御期間の長さの決定部分のフローチャートを主に示したものであり、前述の請求項9の動作を説明する図33のフローチャートのうちブロック50Eに相当するものである。その他のフローチャートについては、図33のフローチャートと同様である。それ故、請求項12の発明の動作は図33のフローチャートのブロック50Eの部分を図36から図39に置きかえたものに相当する。

【0100】図39において、図36と同一の機能を有するブロックには、図36と同一の符号を付し、説明を省略する。

ブロック54H（ファジイ推論による $T_c$ の演算）

短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の経過する毎に直前の短絡回数の移動平均値 $Q_{mu}$ と目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差 $\Delta Q_m = Q_{mu} - Q_{ru}$ と変化率 $dQ_{mu} = Q_{mu} - Q_{mu-1}$ （但し $Q_{mu-1}$ は $Q_{mu}$ を演算した直前の回の移動平均値）とを入力条件としてファジイ推論により最適な制御期間の長さ $T_c$ を決定する。

【0101】上記の図39のブロック57において出力された $n+1$ 回目の制御期間における溶接電圧設定値 $V_{n+1}$ は、図35で説明した順序でアーク電圧を制御する。このブロック57の動作が終了すると、図33のブロック40に戻り、以後ブロック37ないし39と図39のブロック54Hないし57のループを繰り返し、さらにブロック49で終了となる。

【0102】（実施例12）図31は請求項13の対応図であり、図40は図31に示す制御方法の実施例のうち、溶接出力値制御期間の決定部分のフローチャートを主に示したものであり、前述の請求項10の動作を説明する図34のフローチャートのうちブロック50Fに相当するものである。その他のフローチャートは図34のフローチャートと同様である。それ故、請求項13の発明の動作は図34のフローチャートのブロック50Fを図37から図40に置きかえたものに相当する。

【0103】図40においては、図37と同様にN回目の短絡抽出単位時間 $\Delta T$ の終了する直前の移動平均周期 $T_m$ の時間内に計数した短絡回数移動平均値 $Q_{mu}$ から、ファジイ推論によって最適な溶接出力値制御期間の長さ $T_c$ を決定するとともに、算出された長さ $T_c$ が所定時間 $T_o$ より短かいまたは期間 $T_n$ が経過したときにn回目の制御期間中の単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ から次の制御期間における溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V_n$ を演算して、この値によって溶接出力値を修正して制御する場合について示している。図40において、ブロック42A、51、52、53A、55ないし59は図35と同様であり、ブロック54Hは図39のブロック54H



と同様であり、ブロック56Bは図37のブロック56Bと同様であるので詳細な説明は省略する。

【0104】(制御期間の長さ $T_c$ のファジィ推論の例)次に請求項11ないし13において実施する最適な制御期間の長さ $T_c$ を決定するためのファジィ推論の例について説明する。請求項11ないし13の発明において用いる制御ルールとして、さきの請求項4ないし6において用いた表1の制御ルールを用い、また短絡回数10の目標値からの差 $\Delta Q$ および変化率 $dQ$ も表2の値を採用するものとする。また、表1の制御ルールを用いるときのメンバーシップ関数も、図18のものを採用する。

【0105】表1及び図18を用いるときには制御期間の長さ $T_c$ を決定するファジィ推論の手順は、先の第4ないし第6の発明において図19ないし図25によって説明した手順と同様にして推論が行われる。

【0106】(実施例13)図41は、本発明のアーク長制御方法を、パルスMAGアーク溶接制御装置に適用したときのブロック図である。図7の制御回路においては、溶接電圧検出信号 $V_d$ と溶接電圧設定信号 $V_r$ とを溶接電圧比較回路CM1で比較して、その差の溶接出力(電圧)値制御信号 $P_s$ によって溶接出力値の制御を含む溶接電源制御回路PSを制御したので、溶接出力電圧値 $V$ を直接に制御する定電圧特性の溶接制御回路であった。これに対して、図41の制御回路においては、後述するように、パルス電圧値 $V_p$ 及びベース電圧値 $V_b$ はともに一定値のままで、パルス周波数 $f$ を制御することによって、パルス電流の平均値を変化させ、ワイヤ溶融速度を変化させてアーク長を略一定にするように制御している。図41において、図7の制御回路と同一の機能を有する構成要素は同一の符号を使用して説明を省略し、以下、追加された構成要素について説明する。パルス電流値設定回路IP1は、パルス電流値を設定しパルス電流値信号 $I_{p1}$ を出力する。ベース電流設定回路IB1は、ベース電流を設定しベース電流設定信号 $I_{b1}$ を出力する。パルス幅設定回路TP1はパルス幅を設定しパルス幅設定信号 $T_{p1}$ を出力する。溶接電圧比較回路CM1は、図7と同様に溶接電圧検出信号 $V_d$ と溶接電圧設定信号 $V_r$ との差の溶接電圧制御信号 $C_{m1}$ を出力する。パルス周波数制御回路VFは、溶接電圧制御信号 $C_{m1}$ を入力として、アーク長が大になり短絡回数が減少したときは、この信号 $C_{m1}$ が大となり、回路VFから出力されるパルス周波数制御信号 $V_f$ は大となり、逆に、アーク長が小になり短絡回数が増加したときは、この信号 $C_{m1}$ が小となり、回路VFから出力されるパルス周波数制御信号 $V_f$ は小となる。

【0107】パルス幅周波数制御回路DFは、パルス周波数制御信号 $V_f$ 及びパルス幅設定信号 $T_{p1}$ を入力とする単安定マルチ回路を構成要素とする回路であって、パルス周波数 $V_f$ と同一周波数でパルス幅設定信号 $T_{p1}$ のパルス幅のパルス幅周波数制御信号 $D_f$ を出力する。パ

ルス幅周波数制御回路SW1は、パルス電流値設定信号 $I_{p1}$ で定まる尖頭値と、パルス幅周波数制御信号 $D_f$ で定まるパルス幅とのパルス溶接電流に相当する信号と、ベース電流設定信号 $I_{b1}$ に相当する信号とをパルス周波数制御信号 $V_f$ で定まるパルス周波数 $f$ で切り換えて、パルス制御信号 $P_f$ を出力する。溶接電流比較回路CM2は、溶接電流検出信号 $I_d$ の瞬時値とパルス制御信号 $P_f$ とを比較し、その差の溶接出力値制御信号 $P_s$ を溶接出力値の制御を含む溶接電源制御回路PSに出力する。

【0108】図41においては、溶接電圧制御信号 $C_{m1}$ によってパルス周波数 $f$ を制御することによってパルス電流の平均値を変化させ、ワイヤ溶融速度を変化させてアーク長を略一定値に制御するようにしたが、信号 $C_{m1}$ によってパルス幅 $T_P$ またはパルス電流値 $I_P$ を変化させるかまたはこれらと周波数のうちのいずれか2つまたはこれら3つを同時に制御することによってパルス電流の平均値を変化させ、ワイヤ溶融速度を変化させてアーク長を略一定値に制御するようにしてもよい。また、ベース電流値 $I_b$ を制御してワイヤ溶融速度を変化させるか、さらに、溶接出力値を制御してワイヤ溶融速度を変化させる代りに、ワイヤ送給速度を変化させることによってアーク長を略一定値に制御するようにしてもよい。

【0109】(実施例14)図42は、本発明のアーク長制御方法を、ワイヤ送給速度制御回路WSを制御してワイヤ送給速度を制御することによって、アーク長を制御する制御装置に適用したときのブロック図である。図7の実施例1及び図41の実施例13は、ワイヤ送給速度は予め定めた略一定値で送給しておき、溶接電源の出力電圧値または出力電流の平均値を制御してワイヤ溶融速度を増減させることによってアーク長略一定値に制御する方式であるのに対して、図42の制御方法は、ワイヤ溶融速度のみを制御することなく、ワイヤ送給速度を制御することによってアーク長を略一定値に制御する方式である。

【0110】図42において、図7と同一の機能を有する構成要素は同一の符号を使用して説明を省略し、以下、変更された構成要素について説明する。図7のワイヤ送給制御回路WCの代りに、図42においては、ワイヤ送給速度制御回路WSが使用され、この制御回路WSには、図12ないし図14の実施例1ないし3のブロック55から出力される溶接電圧設定信号 $V_r$ が入力され、その制御回路WSからワイヤ送給モータWMにワイヤ送給速度信号 $W_s$ が供給されて、アーク長が略一定値になるようにワイヤ送給速度が制御される。

【0111】また、図7の溶接電圧比較回路CM1の代りに、図42においては、溶接電流比較回路CM2が使用され、平均溶接電流設定信号 $I_r$ と溶接電流検出信号 $I_d$ とが比較され、溶接出力値制御信号 $P_s$ が溶接電源制御回路PSに入力されて、溶接出力電流値を略一定値

になるように制御している。

【0112】（請求項の構成要素と実施例の構成要素との関係）請求項1ないし請求項6および請求項8ないし請求項13の溶接出力設定値の修正量 $\Delta P_{n+1}$ 及び溶接出力設定値 $P_n$ または $P_{n+1}$ は、各実施例においては次のとおりとなる。図7の実施例1のような溶接電源制御回路の溶接出力電圧値を制御するときは、それぞれ溶接電圧設定値の修正量 $\Delta V_{n+1}$ 及び溶接電圧設定値 $V_n$ または $V_{n+1}$ となる。実施例13の図41のようなパルスMAGアーク溶接制御装置のパルス周波数、パルス幅、パルス電流値またはベース電流値を制御するときは、それぞれの設定値となりこれらの設定値によって平均溶接電流が変化するので、溶接電流設定値の修正量 $\Delta I_{n+1}$ 及び溶接電流設定値 $I_n$ または $I_{n+1}$ となる。さらに、実施例14の図42のようなワイヤ送給速度制御装置を制御するときは、それぞれワイヤ送給速度設定値の修正量 $\Delta F_{n+1}$ 及びワイヤ送給速度設定値 $F_n$ または $F_{n+1}$ となる。

【0113】

【発明の効果】

（図45の説明）図45は、従来技術の図51と同一の溶接条件として本発明の第1ないし第6の発明の方法を実施したときの実測結果を示す図である。すなわち、測定条件は、直径1.6 (mm) のアルミニウム合金ワイヤA5183をアルゴンガスでシールドしてアルミニウム材A5083をMIGアーク溶接したときの溶接電流値 $I$  (A)、溶接電圧値 $V$  (V) 及び単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$  (回/秒) (縦軸) の時間的経過 $t$  (秒) (横軸) を示す図である。同図において、溶接電圧の設定値を粗設定してアークスタート直後の溶接電圧値が20 (V) であって、溶接電流値が200 (A) で、単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}=40$  (回/秒) であったとき、溶接電圧の平均値を、溶接電流の平均値200 (A) に対する予め定めた適正值22 (V) まで、自動的に増加するまでの過渡応答時間 $T_{tr}$ は約1 (秒) に短縮された。このようなアルミニウムのMIG溶接においては、図51の従来技術の過渡応答時間 $T_{tr}=7$  (秒) に比較して、図45の本発明の第1ないし第6の発明の制御方法の過渡応答時間は $T_{tr}=1$  (秒) と極めて大きな短縮を実現することができた。

【0114】（図46の説明）図46は、従来技術の図52と同一の溶接条件として本発明の第1ないし第6の発明の方法を実施したときの実測結果を示す図である。すなわち、溶接条件は、直径1.2 (mm) の軟鋼ワイヤYGWを、炭酸ガス20%とアルゴンガス80%との混合ガスでシールドして軟鋼材をMAG溶接したときの溶接電流値 $I$  (A)、溶接電圧値 $V$  (V) 及び単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$  (回/秒) (縦軸) の時間的経過 $t$  (秒) (横軸) を示す図である。同図において、溶接電圧の設定値を粗設定してアークスタートした直後の溶接

電圧値が28 (V) で溶接電流値が300 (A) で、単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}=20$  (回/秒) であったとき、溶接電圧の平均値を、溶接電流の平均値300 (A) に対する予め定めた適正值32 (V) まで、自動的に増加するまでの過渡応答時間 $T_{tr}$ は約1 (秒) に短縮された。このように軟鋼のMAG溶接においても、図52の従来技術の過渡応答時間 $T_{tr}=5$  (秒) に比較して、図46の本発明の第1ないし第6の発明の制御方法の過渡応答時間は $T_{tr}=1$  (秒) と極めて大きな短縮を実現することができた。

【0115】（図47の説明）図47は、従来技術の図53と同一の溶接条件として本発明の第1ないし第6の発明の方法を実施したときの実測結果を示す図である。すなわち、溶接条件は、直径1.6 (mm) のアルミニウム合金ワイヤA5183をアルゴンガスでシールドして定速度で送給し、本発明の制御方法を用いてMIG溶接したときの溶接電流値 $I$  (A)、溶接電圧値 $V$  (V) 及び単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}=5$  (回/秒) で、シールドガス流量を15 (リットル/分) で、溶接電圧値 $V$ が溶接電流値 $I=200$  (A) に対する適正值の21 (V) で安定した溶接中に、シールドガス流量を30 (リットル/分) に強制的に切り換えると、図53で説明した理由によって、単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ が20 (回/秒) 程度まで大幅に増加するが、アーク長を単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}=5$  (回/秒) に相当する値に復帰するまでの過渡応答時間 $T_{tr}$ は約1 (秒) に短縮された。このように、前述した外乱に対しても、図53の従来技術の過渡応答時間 $T_{tr}=4$  (秒) に比較して、図47の本発明の第1ないし第6の制御方法の過渡応答時間は $T_{tr}=1$  (秒) と大きな短縮を実現することができた。

【0116】（図48の説明）図48は、従来技術の図51と同一の溶接条件として本発明の第8ないし第13の発明の制御方法を実施したときの実測結果を示す図である。すなわち、同図において、溶接電圧の設定値を粗設定してアークスタートし、直後の溶接電圧値が20 (V)、溶接電流値が200 (A)、単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}=40$  (回/秒) であったとき、溶接電圧の平均値が溶接電流の平均値200 (A) に対する適正值22 (V) まで自動的に増加するまでの応答時間を示している。なおこの場合、制御期間の終了を判断するための一定時間として $T_0=0.2$  秒とした。同図から判るように、図51の従来技術の過渡応答時間 $T_{tr}=7$  (秒) に比較して、本発明の第8ないし第13の発明の方法によるときの過渡応答時間は $T_{tr}=0.7$  (秒) と極めて大きな短縮を実現することができた。

【0117】（図49の説明）図49は、従来技術の図52と同一の溶接条件として本発明の第8ないし第13の発明の制御方法を実施したときの実測結果を示す図である。すなわち、同図において、溶接電圧の設定値を粗

設定してアークスタートし、直後の溶接電圧値が28(V)、溶接電流値が300(A)、単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}=20$ (回/秒)であったとき、溶接電圧の平均値が溶接電流の平均値300(A)に対する適正値32(V)になるまでの様子を示したものである。この場合も図48と同様に $T_o=0.2$ 秒とした。同図から判るように軟鋼のMAG溶接においても、図52の従来技術の過渡応答時間 $T_{tr}=5$ (秒)に比較して、本発明の第8ないし第13の方法の過渡応答時間は $T_{tr}=0.7$ (秒)と極めて大きな短縮を実現することができた。

【0118】(図50の説明)図50は、従来技術の図53と同一の溶接条件として本発明の第8ないし第13の発明の制御方法を実施したときの実測結果を示す図である。すなわち、単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}=5$ (回/秒)、制御期間の終了を判定する所定時間 $T_o=0.2$ 秒、シールドガス流量を15(リットル/分)、溶接電圧値Vが溶接電流値 $I=200$ (A)に対する適正値の21(V)で安定した溶接中に、シールドガス流量を30(リットル/分)に強制的に切り換えた場合の変化であって、図32で説明した理由によって、単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ が20(回/秒)程度まで増加するが、アーク長を単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}=5$ (回/秒)に相当する値に復帰するまでの様子を示したものである。同図から判るように前述した外乱に対して、図53の従来技術の過渡応答時間 $T_{tr}=4$ (秒)に比較して、本発明の第8ないし第13の発明の制御方法の過渡応答時間は $T_{tr}=0.7$ (秒)と大きな短縮を実現することができた。

【0119】(その他の効果)本発明の制御方法において、従来技術の効果である手振れ現象、すなわち半自動溶接中に溶接用トーチが上下方向に動いて、電極チップ4と被溶接物2との距離が急変したときにおいても、短絡回数が大きく急変するので、急変した短絡回数と目標短絡回数とを比較して、溶接出力設定値の修正量 $\Delta P$ または溶接出力値制御期間 $T_c$ またはその両者を変化させることによって、適正アーク長に制御する過渡応答時間 $T_{tr}$ を従来技術と同様に短縮する効果をも備えている。本発明のアーク長制御方法によれば、アークスタート直後に適正なアーク長に制御する過渡応答時間が、前述したように、従来技術の7(秒)または4(秒)から1(秒)ないし0.7(秒)に大きく短縮することができたので、溶接開始位置におけるワイヤ先端の突立ち、ワイヤ先端の飛散、パーンバック、スパッタの発生、溶け込み過大、溶け込み不足等を改善することができた。

【0120】本発明のアーク長制御方法は、強硬な酸化皮膜の発生しやすいアルミニウムまたはマグネシウムまたはそれらの合金のMIGアーク溶接に対して特に効果が大きい。すなわち、前述したように、アルミニウムのMIG溶接をする場合、逆極性のときにアークの陰極点が酸化皮膜を求めて移動するために、実際のアーク長

が頻繁に変動しても、見かけのアーク長が変化しないので単位時間内の短絡回数が増加しないときは、溶接出力値制御期間が長いために、溶接出力値制御が長い期間で制御され、したがってハンチング現象が生じず、安定したアークが継続する。逆に、見かけのアーク長が変動したとき、溶接出力制御が短い期間で制御されるので、過渡応答性がよく、したがってワイヤ送給速度の変動、ワイヤ突き出し長さの変動等の外乱に対して、速に制御することができ、その結果、溶接ビードの外観が良好で、溶け込み深さも略一定値となる。

【0121】さらに、本発明のアーク長制御方法は、溶接電流値を設定するだけで溶接電圧値を自動的に予め定めた適正値に制御する一元調整方式を採用しているので、溶接条件の設定が短時間に容易にできる。その他、最近急速に普及している鋼、ステンレス鋼等の薄板の高速溶接においては、アーク長を短くして溶接するので、アーク長の許容値が狭くなるために、アーク長制御の過渡応答性がすぐれていないと短絡が頻繁に発生してスパッタが多く発生しやすいが、本発明のアーク長制御方法では、過渡応答性にすぐれ、また安定性もすぐれているため、アーク長の変動を極めて小さくすることができるので、短絡時間が長くなったり短絡回数が増加しすぎてスパッタが増加することを防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1の対応図。

【図2】請求項2の対応図。

【図3】請求項3の対応図。

【図4】請求項4の対応図。

【図5】請求項5の対応図。

【図6】請求項6の対応図。

【図7】本発明のアーク長制御方法を直流アーク溶接制御装置に適用したときのブロック図。

【図8】請求項1及び請求項4の制御方法のフローチャートの1/2。

【図9】請求項2及び請求項5のフローチャートの1/2。

【図10】請求項3及び請求項6のフローチャートの1/2。

【図11】アルミニウムのMIGアーク溶接のアーク長制御方法における溶接出力値制御期間中の単位時間当りの短絡回数 $Q_{tu}$ と単位時間当りの目標短絡回数 $Q_{ru}$ との差(横軸)と、次の溶接出力値制御期間の長さ $T_{n+1}$ または $T_c$ (縦軸)との関係を示す制御期間関数図。

【図12】請求項1の制御方法のフローチャートの2/2。

【図13】請求項2の制御方法のフローチャートの2/2。

【図14】請求項3の制御方法のフローチャートの2/2。

【図15】請求項4の制御方法のフローチャートの2/2。

2.

【図16】請求項5の制御方法のフローチャートの2/2。

【図17】請求項6の制御方法のフローチャートの2/2。

【図18】本発明の請求項4ないし6および請求項11ないし13において用いるファジィ推論において適用するメンバーシップ関数の例を示す図。

【図19】図18のメンバーシップ関数において入力条件 $\Delta Q = +2$   $dQ = +5$ としたときの重なりを求める図。 10

【図20】表1のルール(1)におけるファジィ推論の過程を説明するための図。

【図21】表1のルール(2)におけるファジィ推論の過程を説明するための図。

【図22】表1のルール(3)におけるファジィ推論の過程を説明するための図。

【図23】表1のルール(4)におけるファジィ推論の過程を説明するための図。

【図24】ルール(1)からルール(4)の結果の論理和(MAX)を取った結果を示す図。 20

【図25】入力条件 $\Delta Q = -3$   $dQ = +5$ のときのファジィ推論の結果を示す図。

【図26】請求項8の対応図。

【図27】請求項9の対応図。

【図28】請求項10の対応図。

【図29】請求項11の対応図。

【図30】請求項12の対応図。

【図31】請求項13の対応図。

【図32】請求項8及び請求項11の制御方法のフローチャートの1/2。 30

【図33】請求項9及び請求項12のフローチャートの1/2。

【図34】請求項10及び請求項13のフローチャートの1/2。

【図35】請求項8の制御方法のフローチャートの2/2。

【図36】請求項9の制御方法のフローチャートの2/2。

【図37】請求項10の制御方法のフローチャートの2/2。 40

【図38】請求項11の制御方法のフローチャートの2/2。

【図39】請求項12の制御方法のフローチャートの2/2。

【図40】請求項13の制御方法のフローチャートの2/2。

【図41】本発明のアーク長制御方法をパルスMAGアーク溶接制御装置に適用したときのブロック図。

【図42】本発明のアーク長制御方法をワイヤ送給速度 50

制御装置に適用したときのブロック図。

【図43】アーク長変化の説明図。

【図44】アルミニウムMIG溶接のアークの外部特性図。

【図45】本発明の第1ないし第6の発明のアーク長制御方法をアルミニウムのMIGアーク溶接に適用した場合において、アークスタート直後の溶接電圧値から適正な溶接電圧値に達するまでの変化を示す図。

【図46】本発明の第1ないし第6の発明のアーク長制御方法を軟鋼のMAGアーク溶接に適用した場合において、アークスタート直後の溶接電圧値から適正な溶接電圧値に達するまでの変化を示す図。

【図47】本発明の第1ないし第6のアーク長制御方法をアルミニウムのMIGアーク溶接に適用した場合において、クリーニング幅が変化してアーク長が変化したときから短絡回数が目標短絡回数 $Q_{ru}$ に復帰するまでの変化を示す図。

【図48】本発明の第8ないし第13の発明のアーク長制御方法をアルミニウムのMIGアーク溶接に適用した場合において、アークスタート直後の溶接電圧値から適正な溶接電圧値に達するまでの変化を示す図。

【図49】本発明の第8ないし第13の発明のアーク長制御方法を軟鋼のMAGアーク溶接に適用した場合において、アークスタート直後の溶接電圧値から適正な溶接電圧値に達するまでの変化を示す図。

【図50】本発明の第8ないし第13の発明のアーク長制御方法をアルミニウムのMIGアーク溶接に適用した場合において、クリーニング幅が変化してアーク長が変化したときから、短絡回数が目標短絡回数 $Q_{ru}$ に復帰するまでの変化を示す図。

【図51】従来技術を用いたアルミニウムのMIGアーク溶接において、アークスタート直後の溶接電圧値から適正な溶接電圧値に達するまでの変化を示す図。

【図52】従来技術を用いた軟鋼のMAGアーク溶接において、アークスタート直後の溶接電圧値から適正な溶接電圧値に達するまでの変化を示す図。

【図53】従来技術を用いたアルミニウムのMIGアーク溶接において、クリーニング幅が変化してアーク長が変化したときから短絡回数が目標短絡回数 $Q_{ru}$ に復帰するまでの変化を示す図。

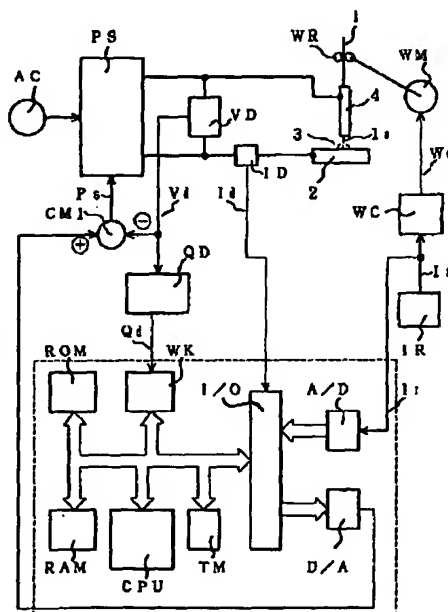
【符号の説明】

1	消耗電極
1 a	消耗電極の先端(ワイヤ先端)
2	被溶接物
4	電極チップ
AC	商用電源
PS	(溶接出力値の制御を含む) 溶接電源回路
WM	ワイヤ送給モータ
WC	ワイヤ送給制御回路
WS	ワイヤ送給速度制御回路

44

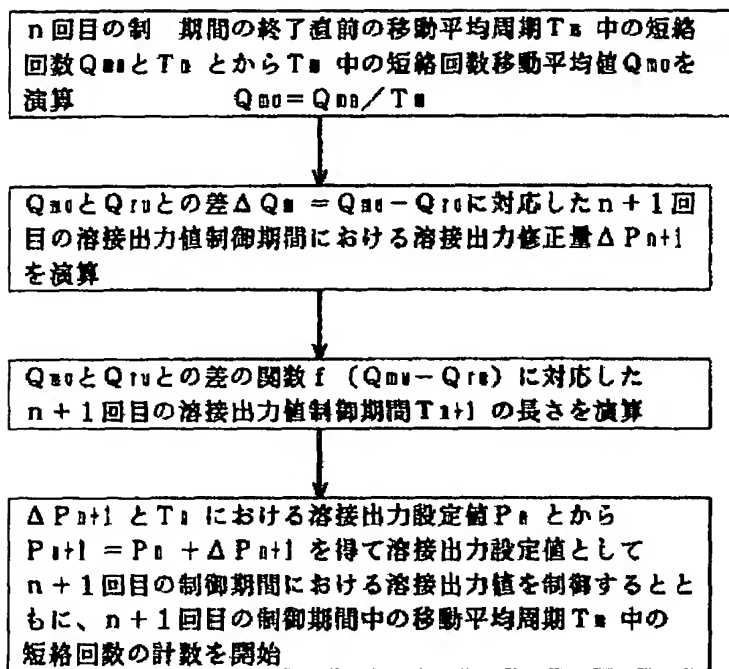
当りの短絡回数目標値からの差の変化率:  $dQ_{tu} = Q_{tu} - Q_{tu-1}$   
 $dQ_{mu}$  移動平均時間内の短絡回数の変化率 (= 移動平均時間内の短絡回数の目標値からの差の変化率:  $dQ_{mu} = Q_{mu} - Q_{mu-1}$ )  
 $m$  移動平均周期  $T_m$  中の短絡抽出単位の数 ( $m = T_m / \Delta T$ )  
 $j$  移動平均周期  $T_m$  中の短絡抽出単位の数 ( $j = T_m / \Delta T$ )  
 10  $N$   $n$  回目の制御期間の始期からの短絡抽出単位時間の経過回数  
 $N_t$  1 回の制御期間中の短絡抽出単位の数 ( $N_t = T_n / \Delta T$ )  
 $P_n$   $n$  回目の制御期間における溶接出力設定値  
 $P_{n+1}$   $n+1$  回目の制御期間における溶接出力設定値  
 $\Delta P_{n+1}$   $n+1$  回目の制御期間に対する溶接出力設定値の修正量  
 $V_r$  溶接電圧設定値  
 $V_o$  溶接電圧設定値の初期値  
 20  $V_n$   $n$  回目の制御期間における溶接電圧設定値  
 $V_{n+1}$   $n+1$  回目の制御期間における溶接電圧設定値  
 $\Delta V_{n+1}$   $n+1$  回目の制御期間  $T_{n+1}$  における溶接電圧の設定値修正量  
 $T_{tr}$  過渡応答時間

【图7】

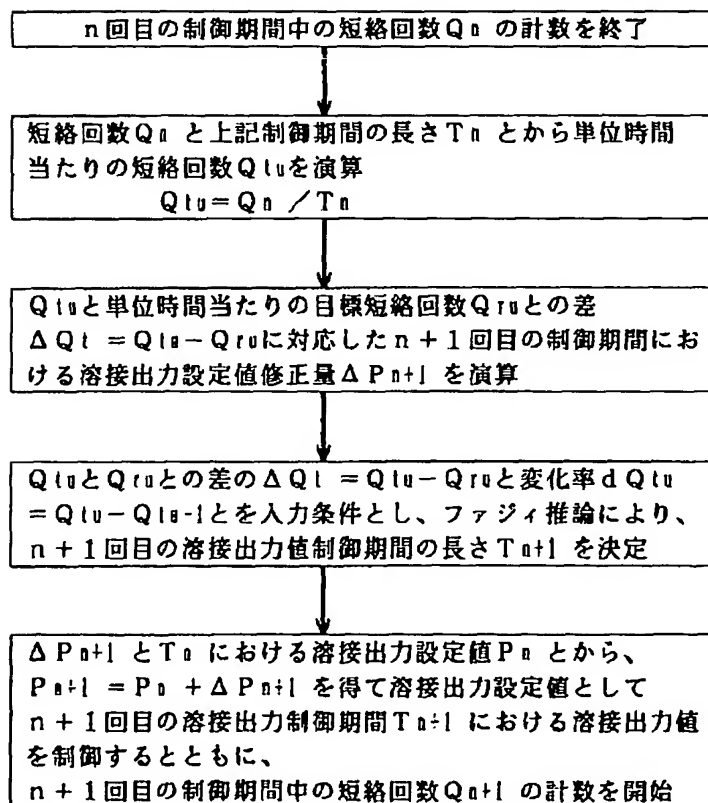




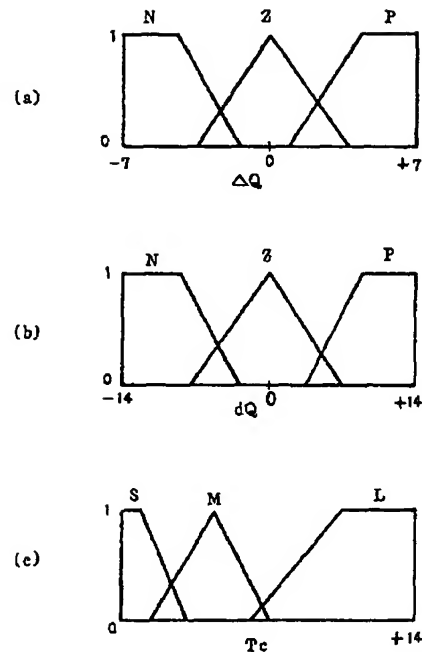
【図2】



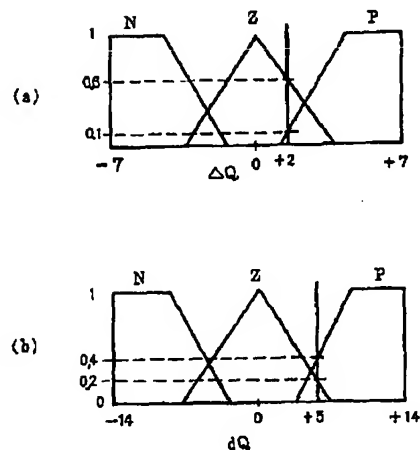
【図4】



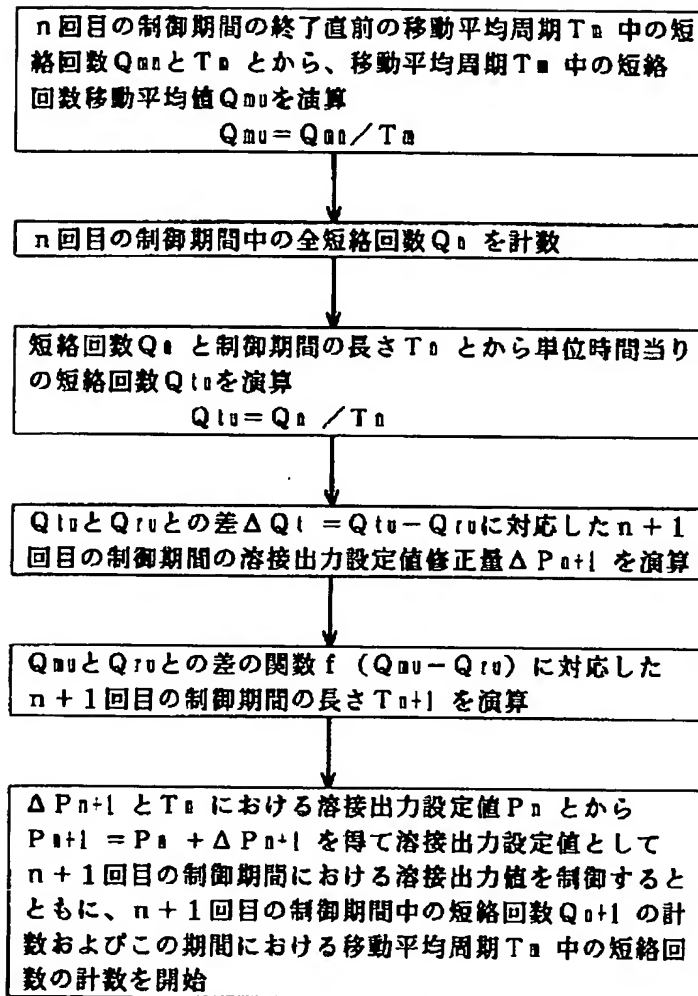
【図18】



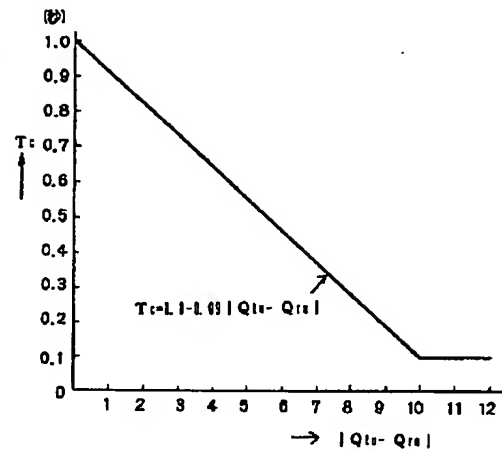
【図19】



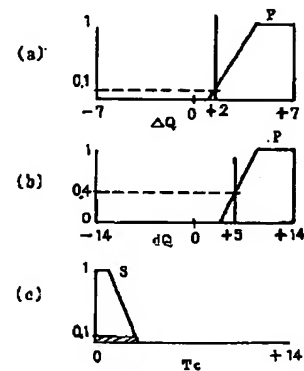
【図3】



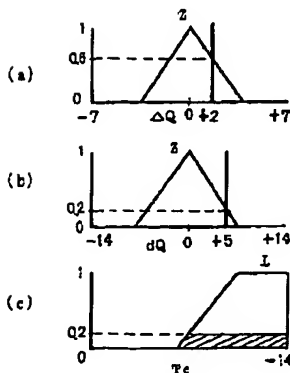
【図11】



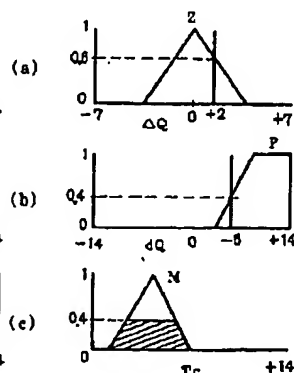
【図23】



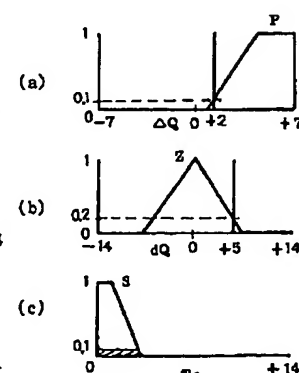
【図20】



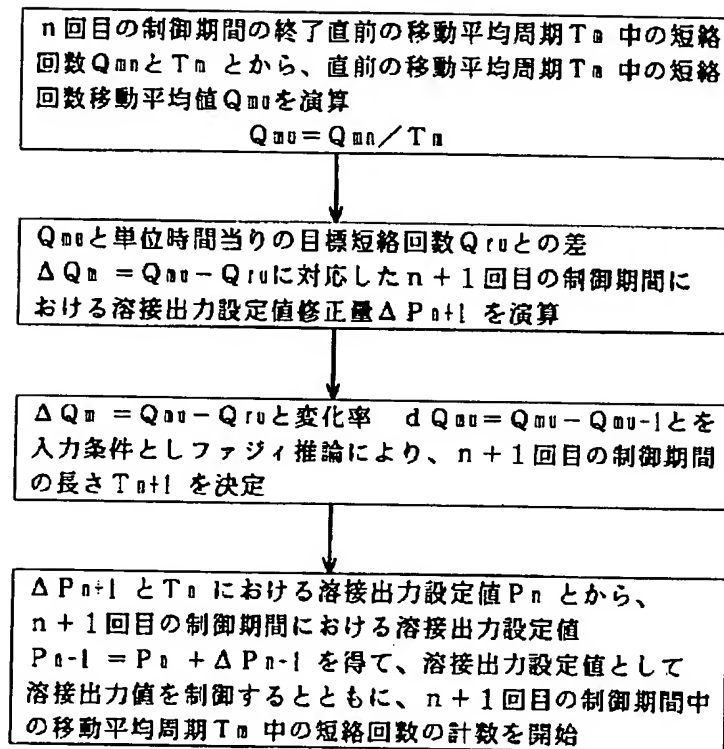
【図21】



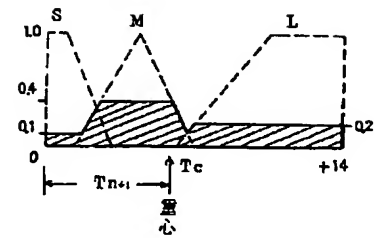
【図22】



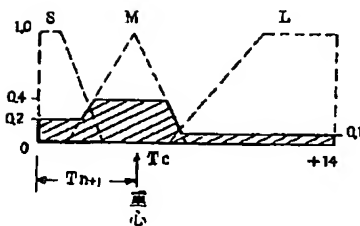
【図5】



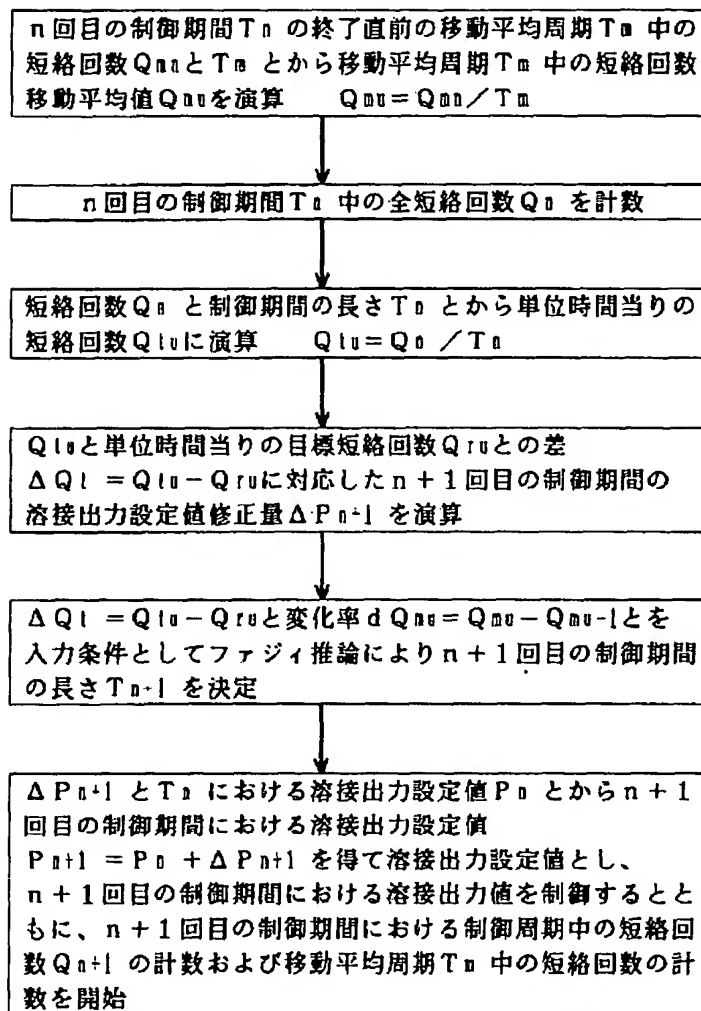
【図24】



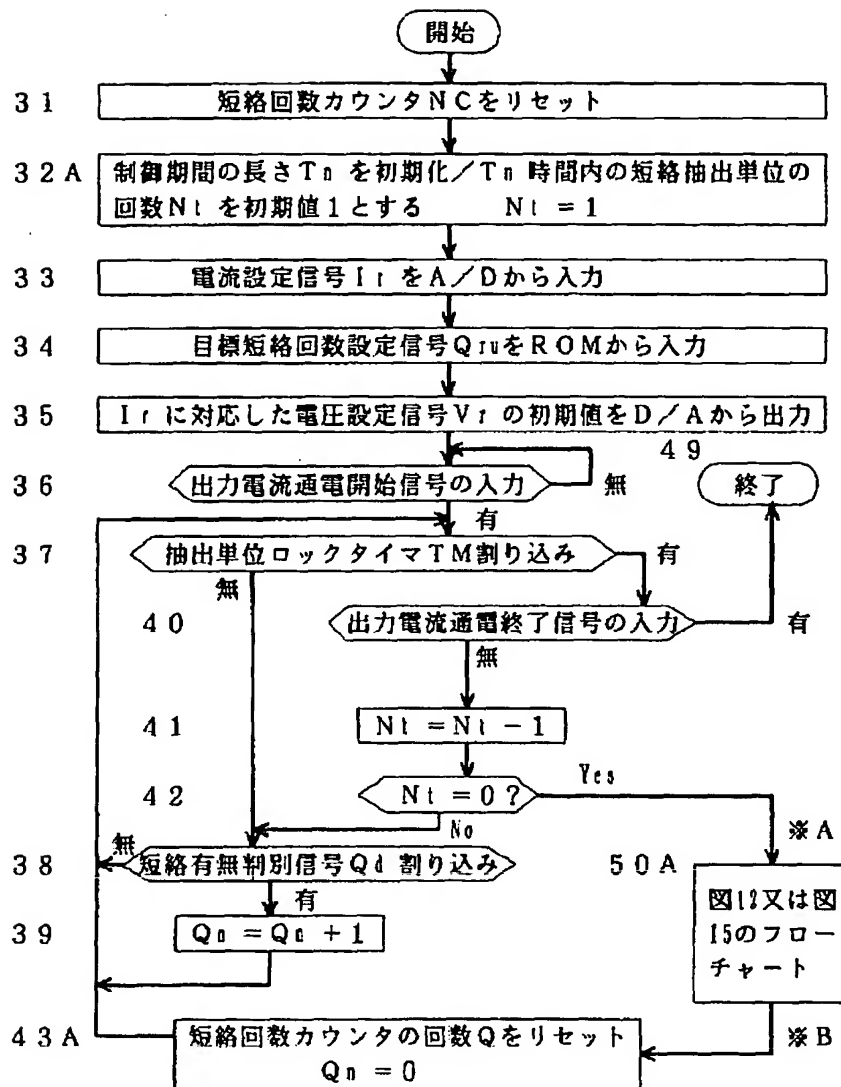
【図25】



【図6】

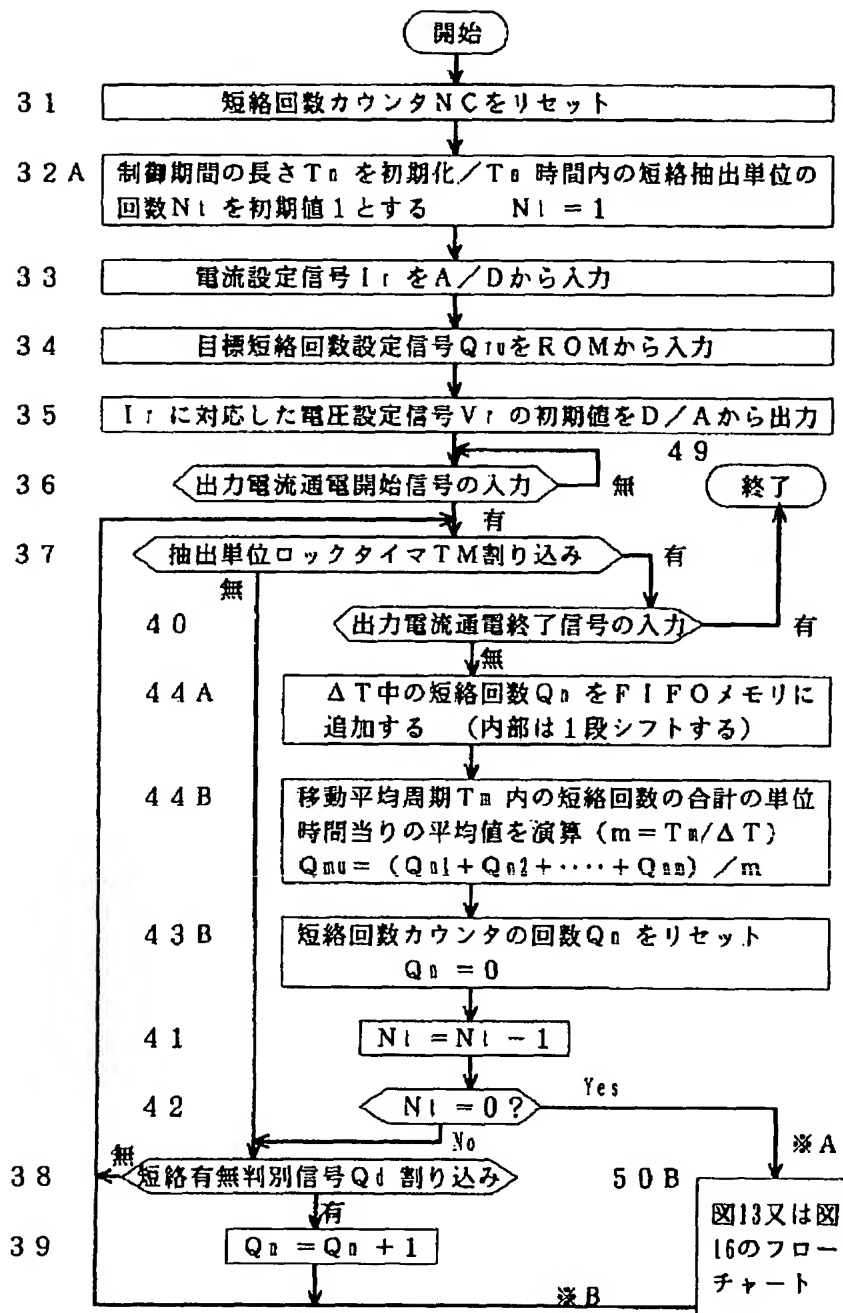


【図8】

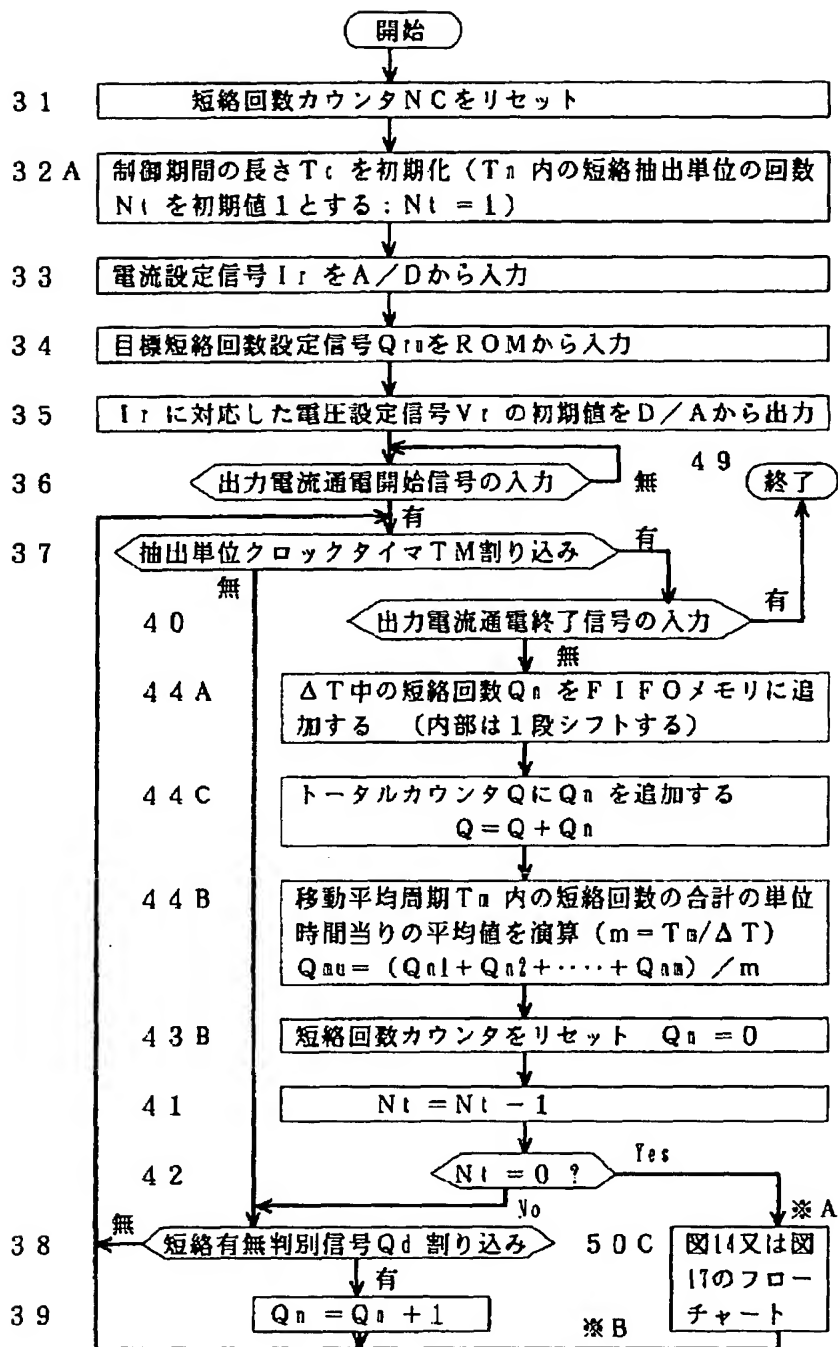




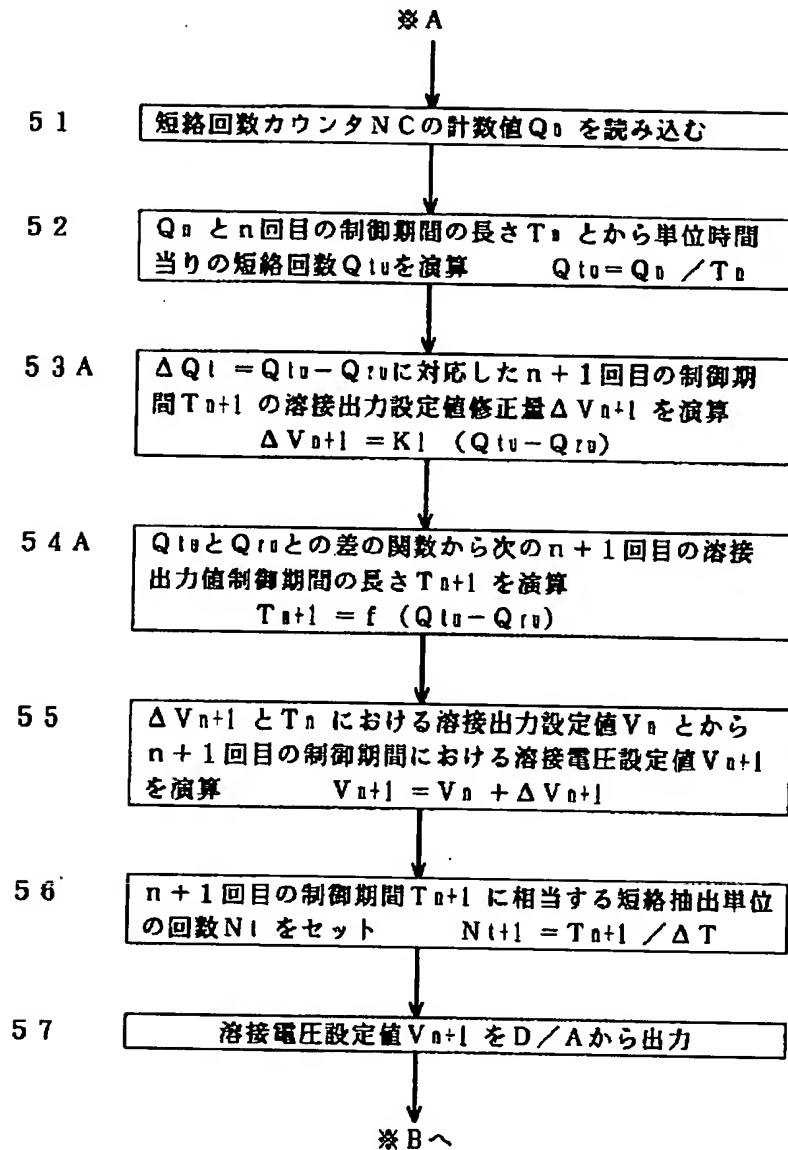
【図9】



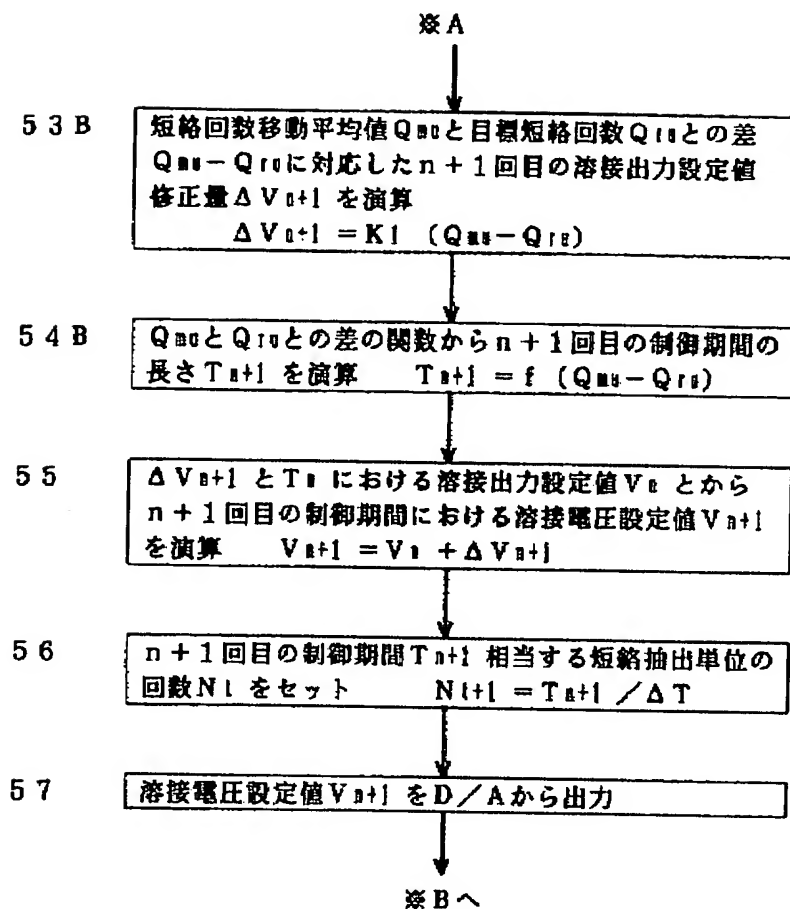
【図10】



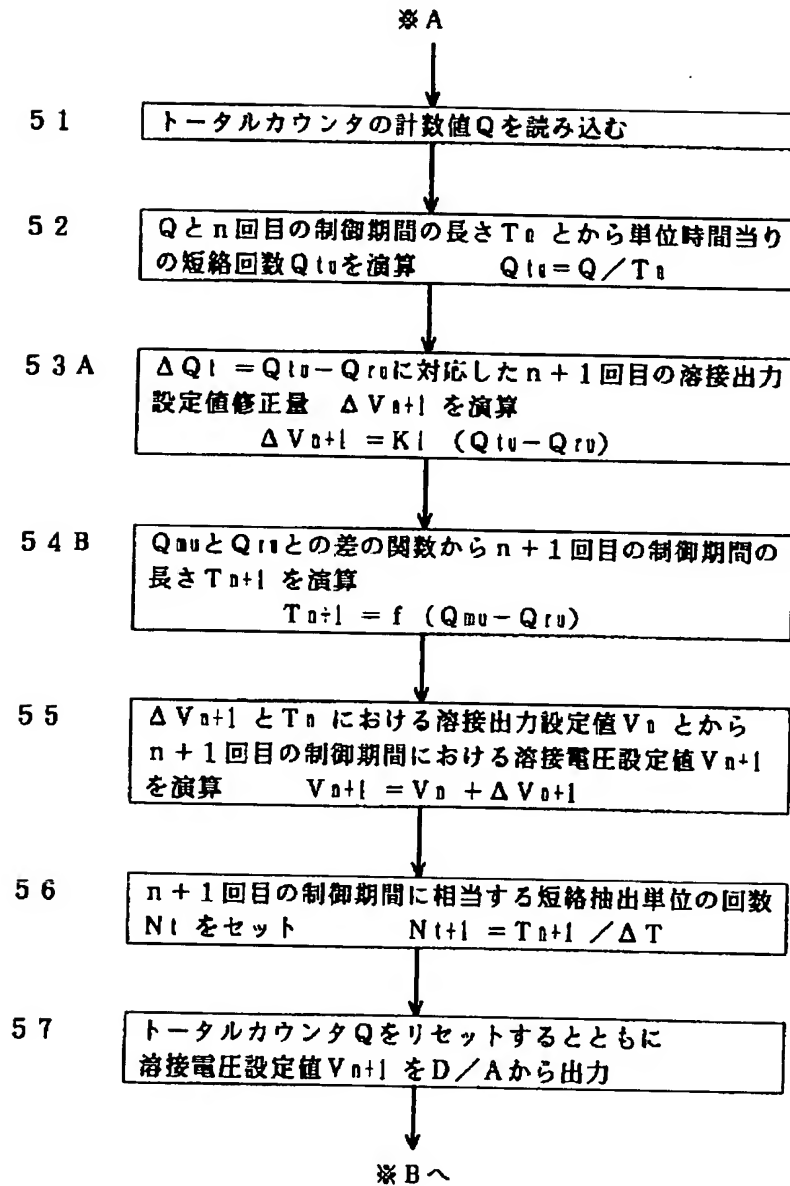
【図12】



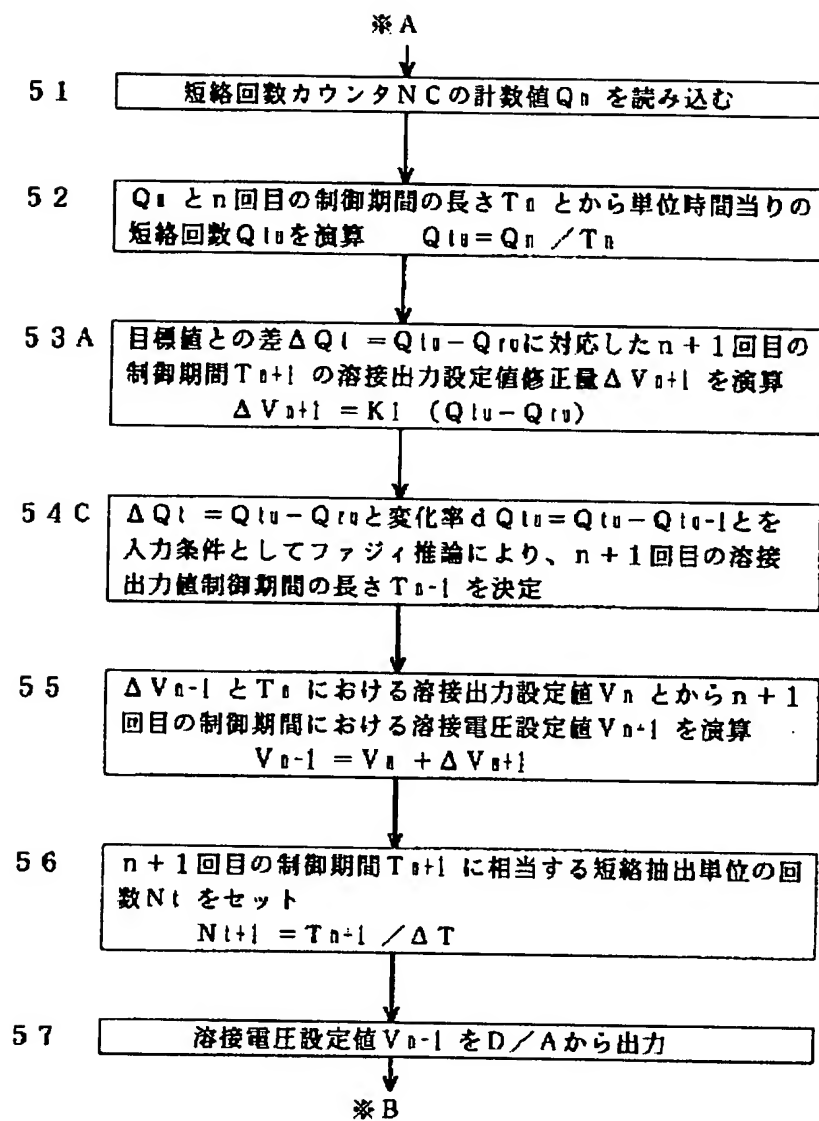
【図13】



【図14】

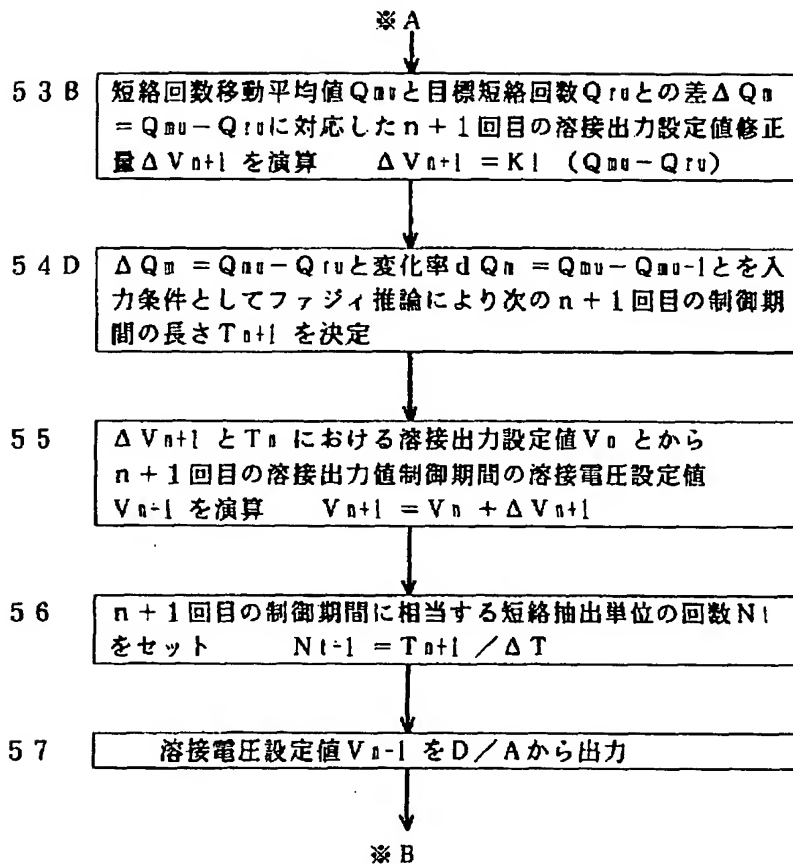


【図15】

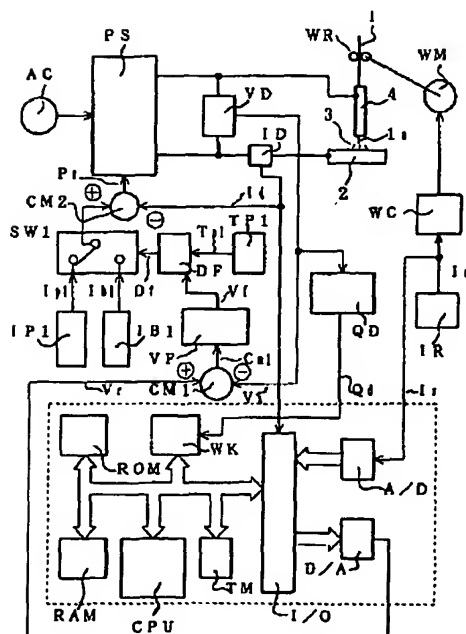




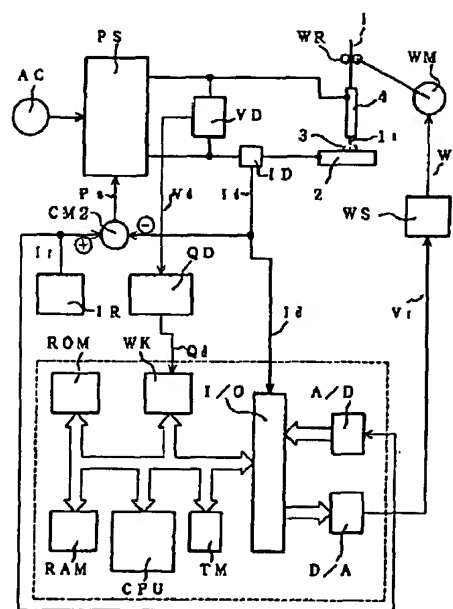
【図16】



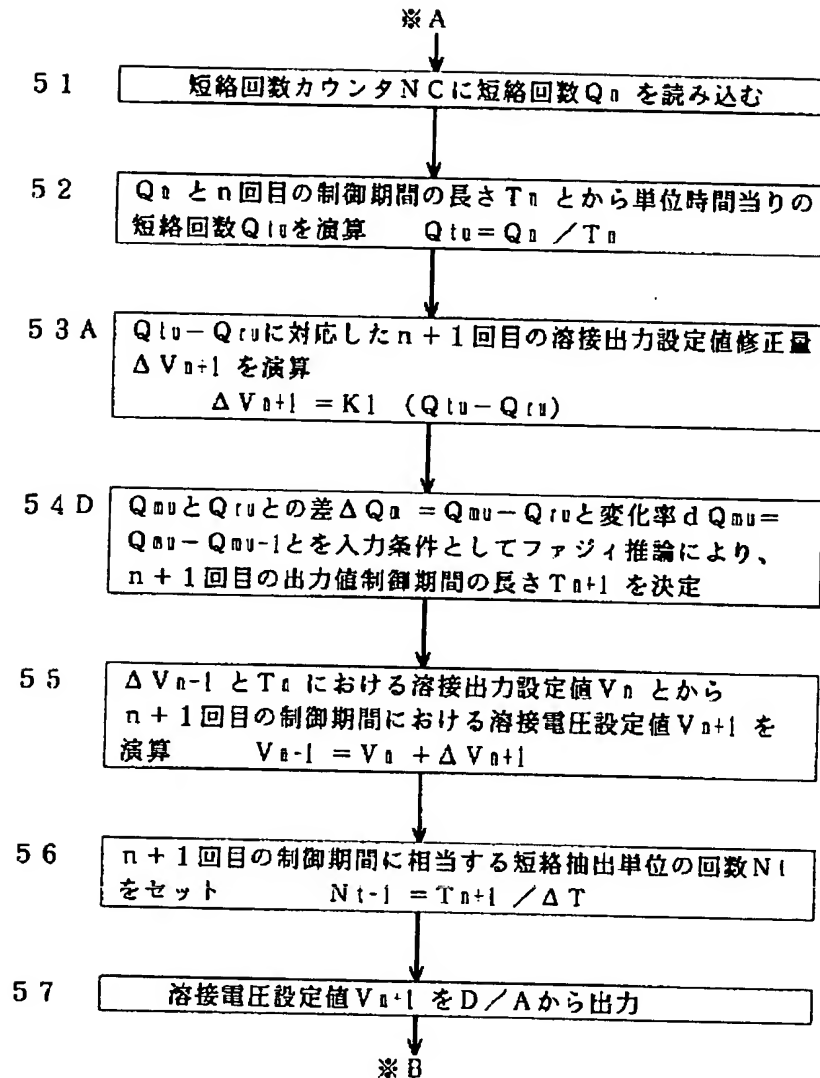
【図41】



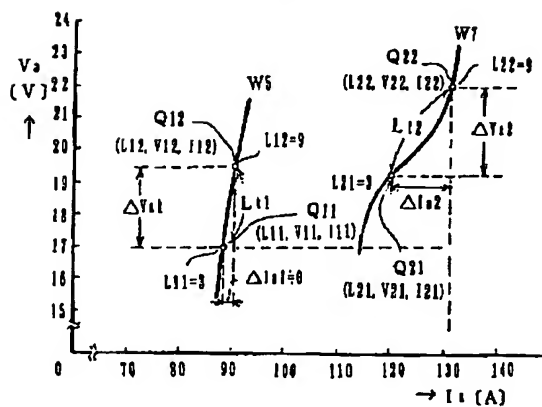
【図42】



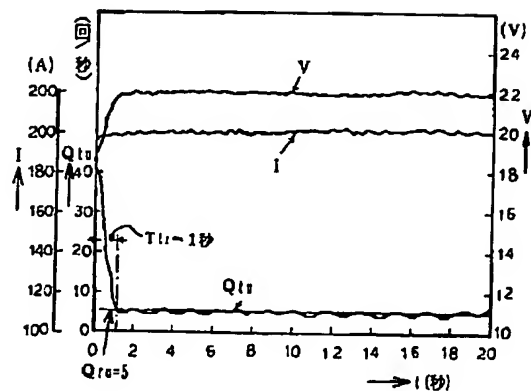
【図17】



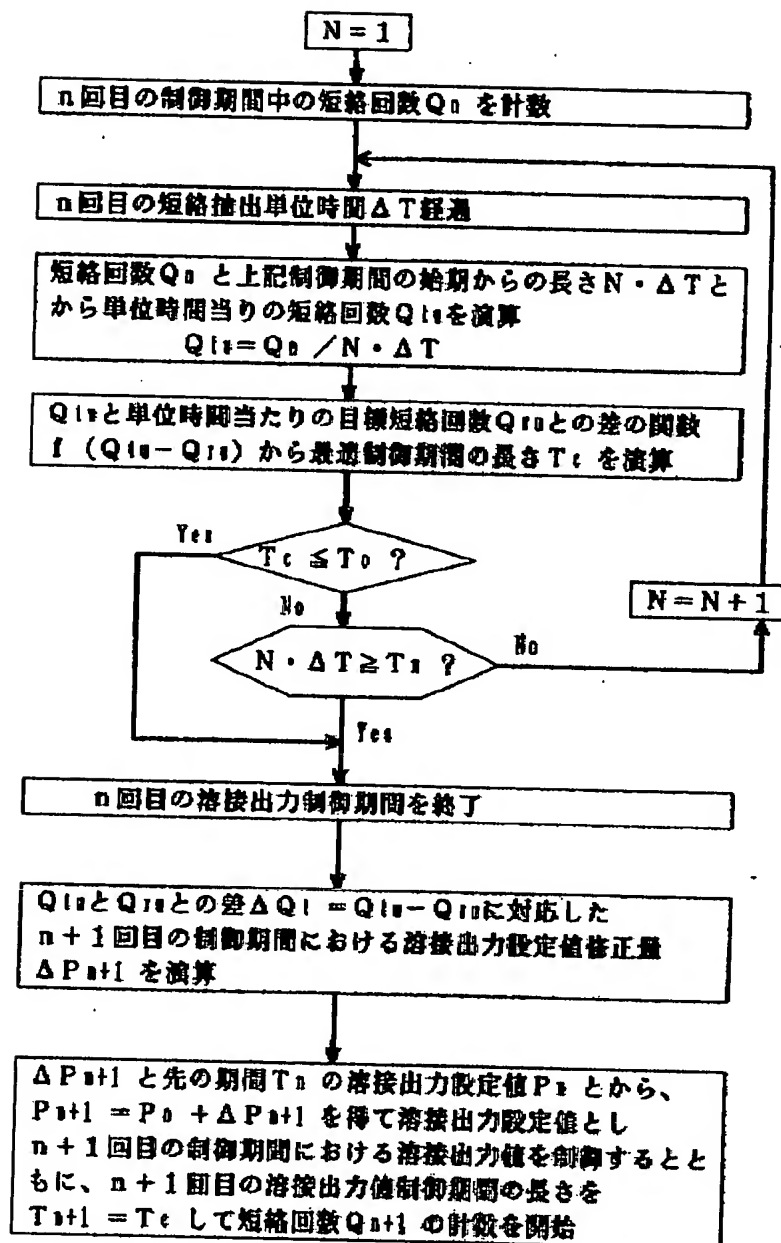
【図44】



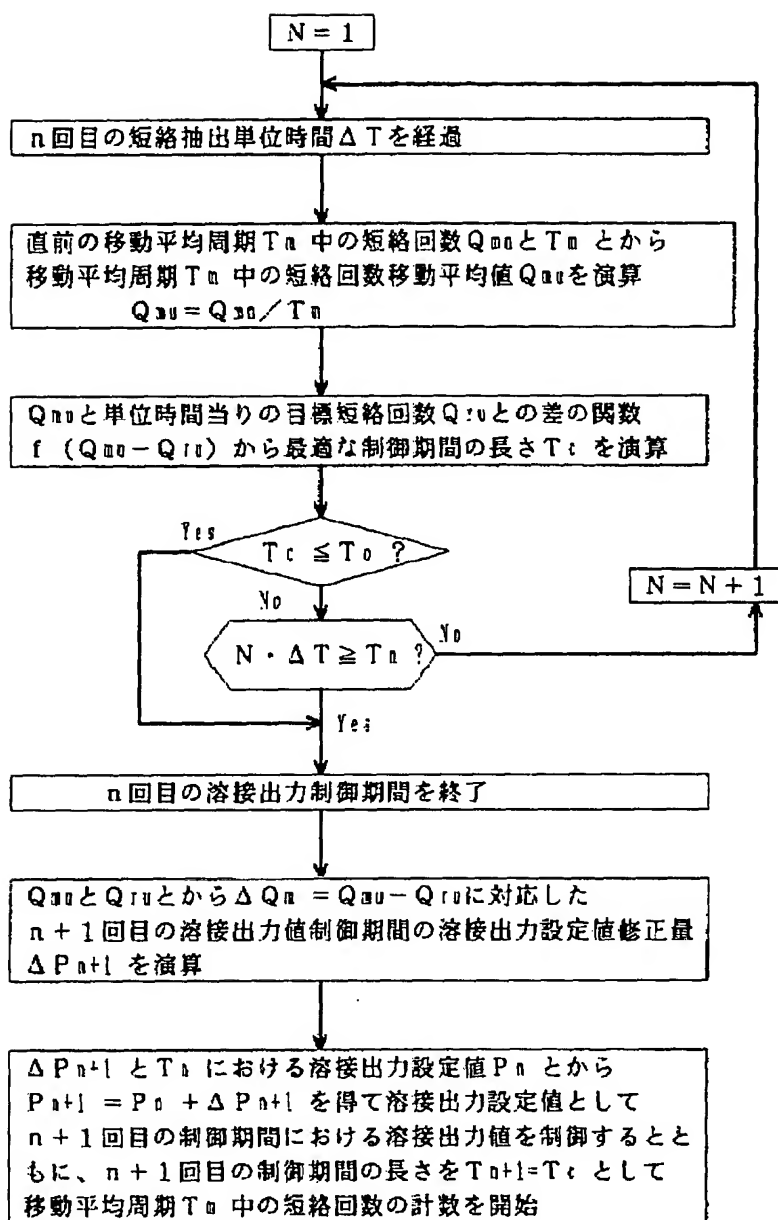
【図45】



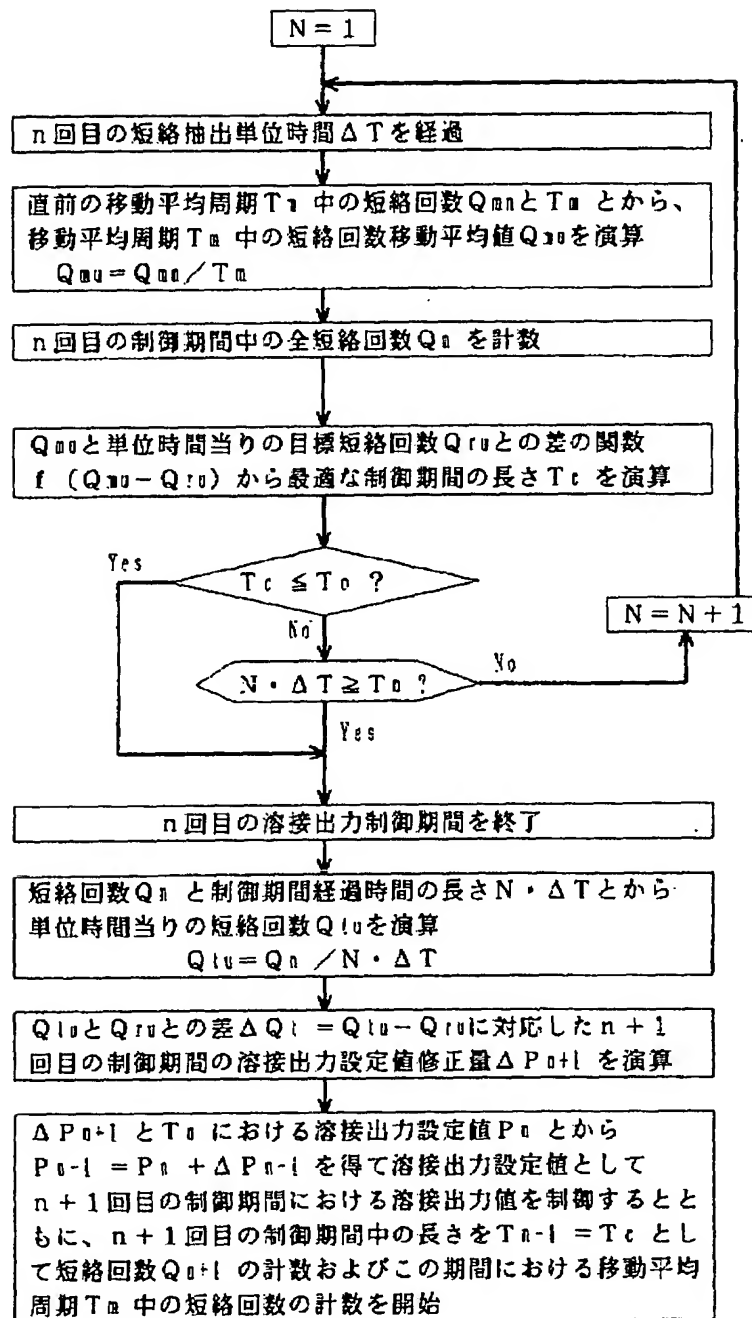
【図26】



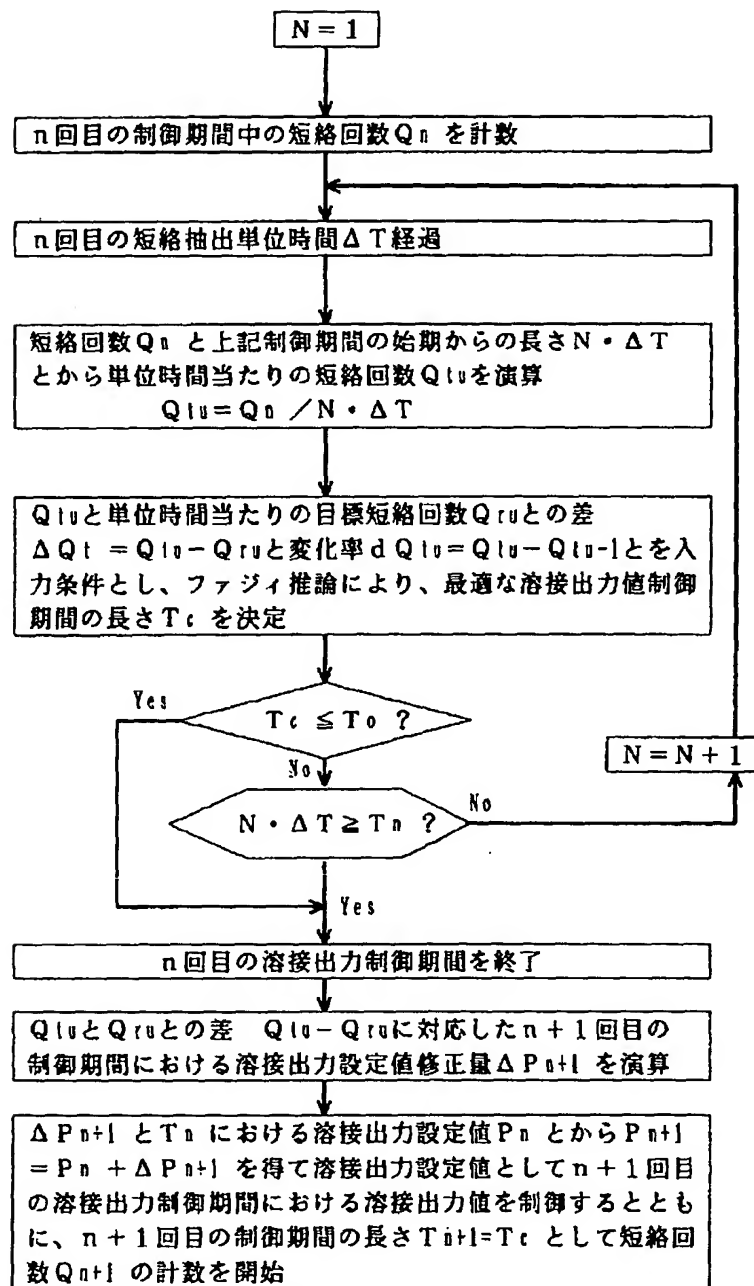
【図27】



【図28】

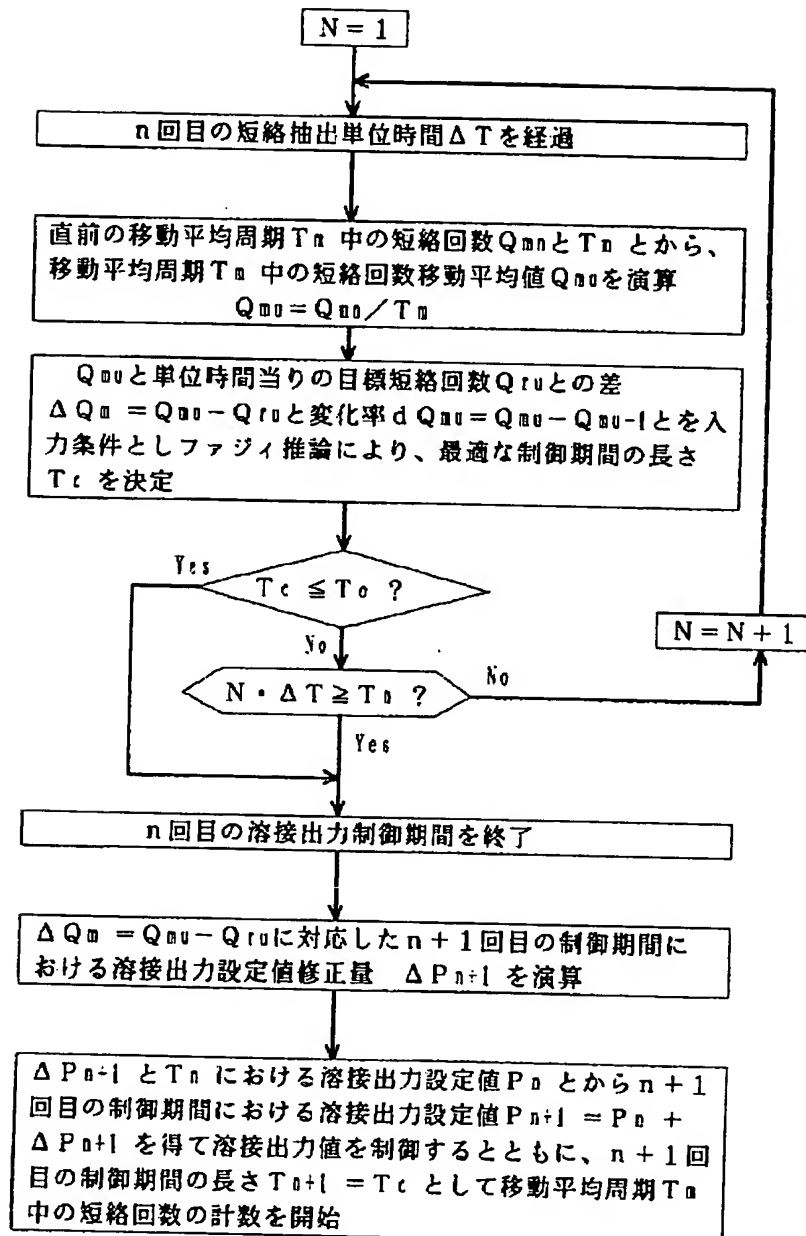


【図29】

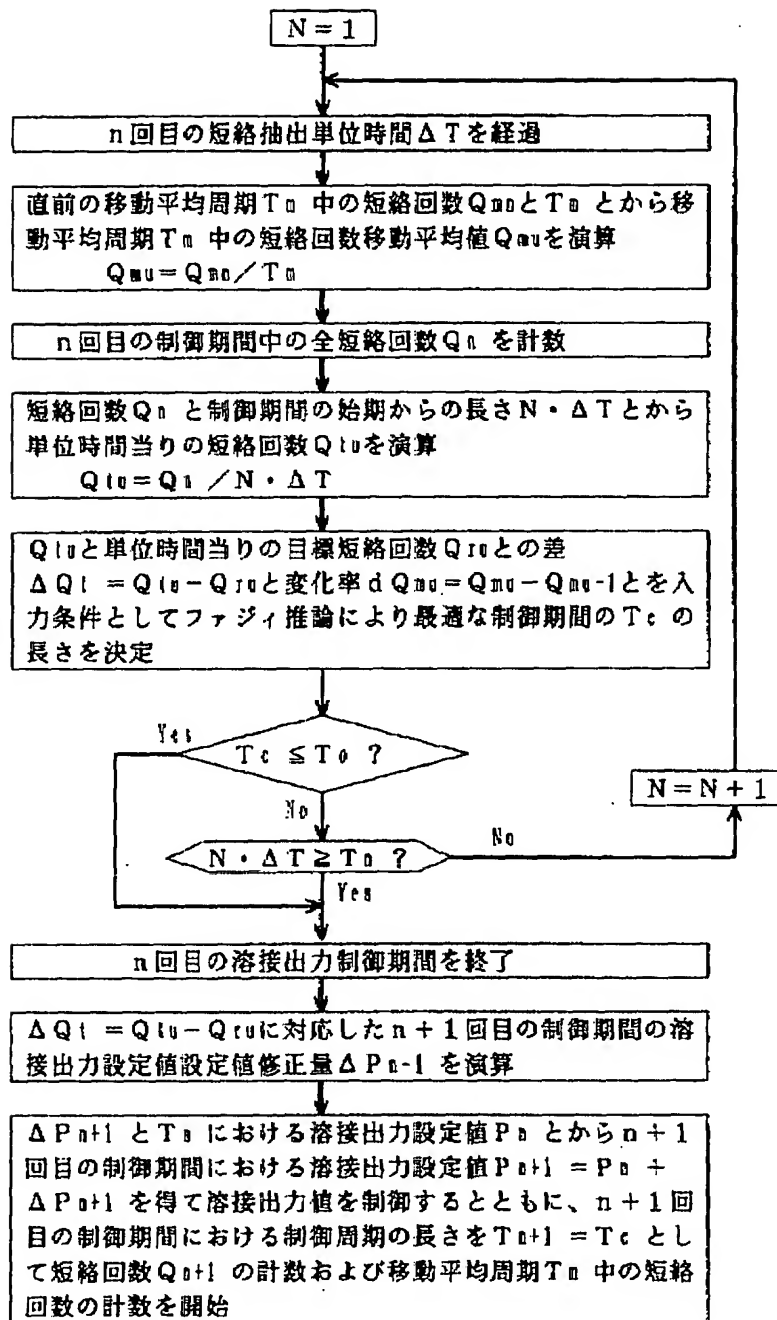




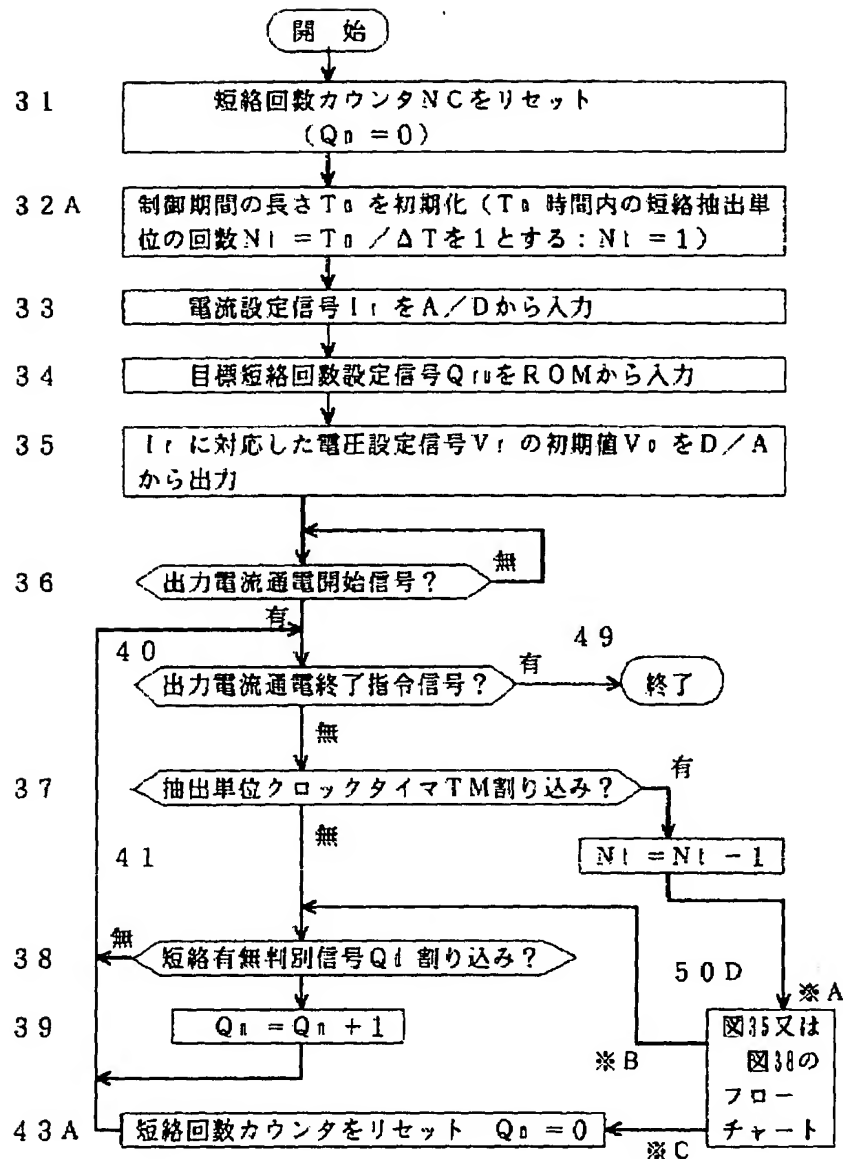
【図30】



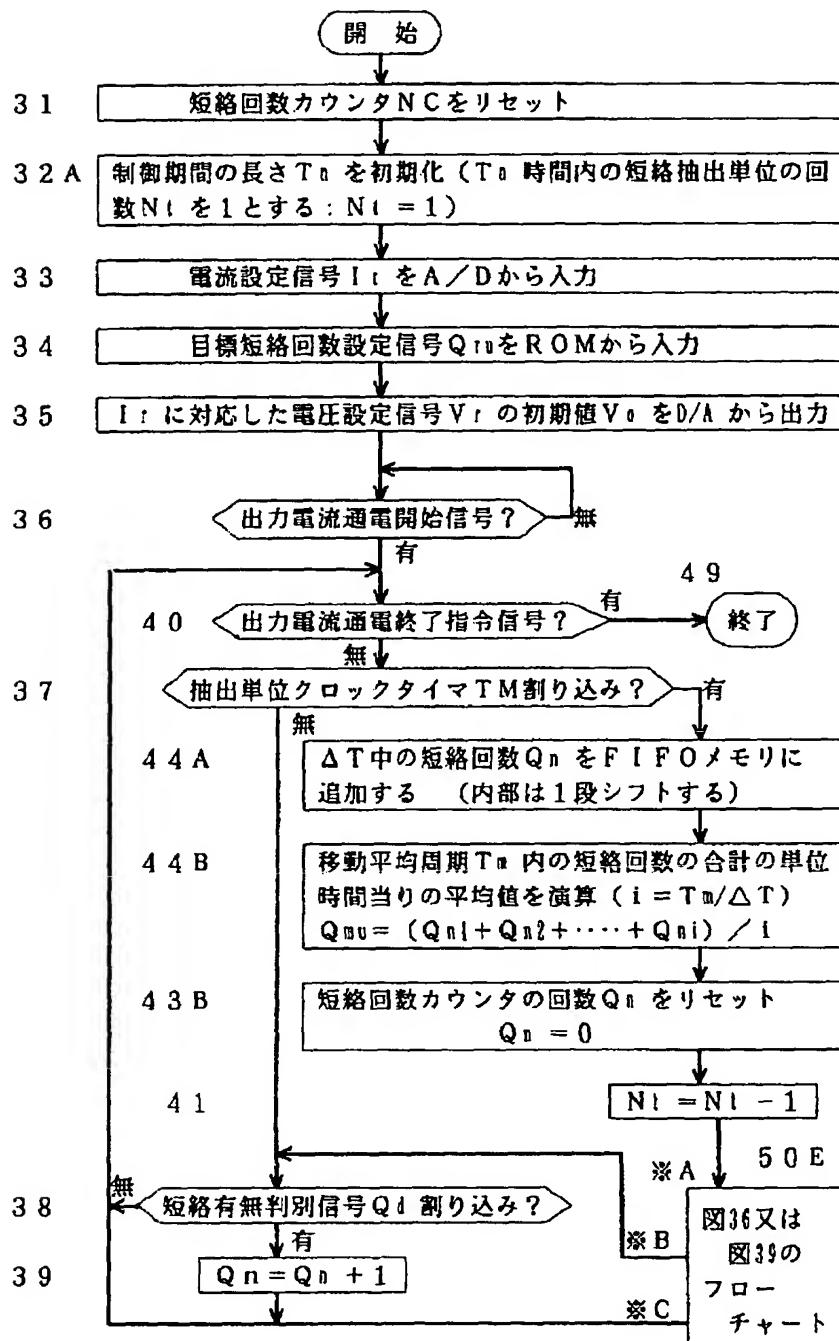
【図31】



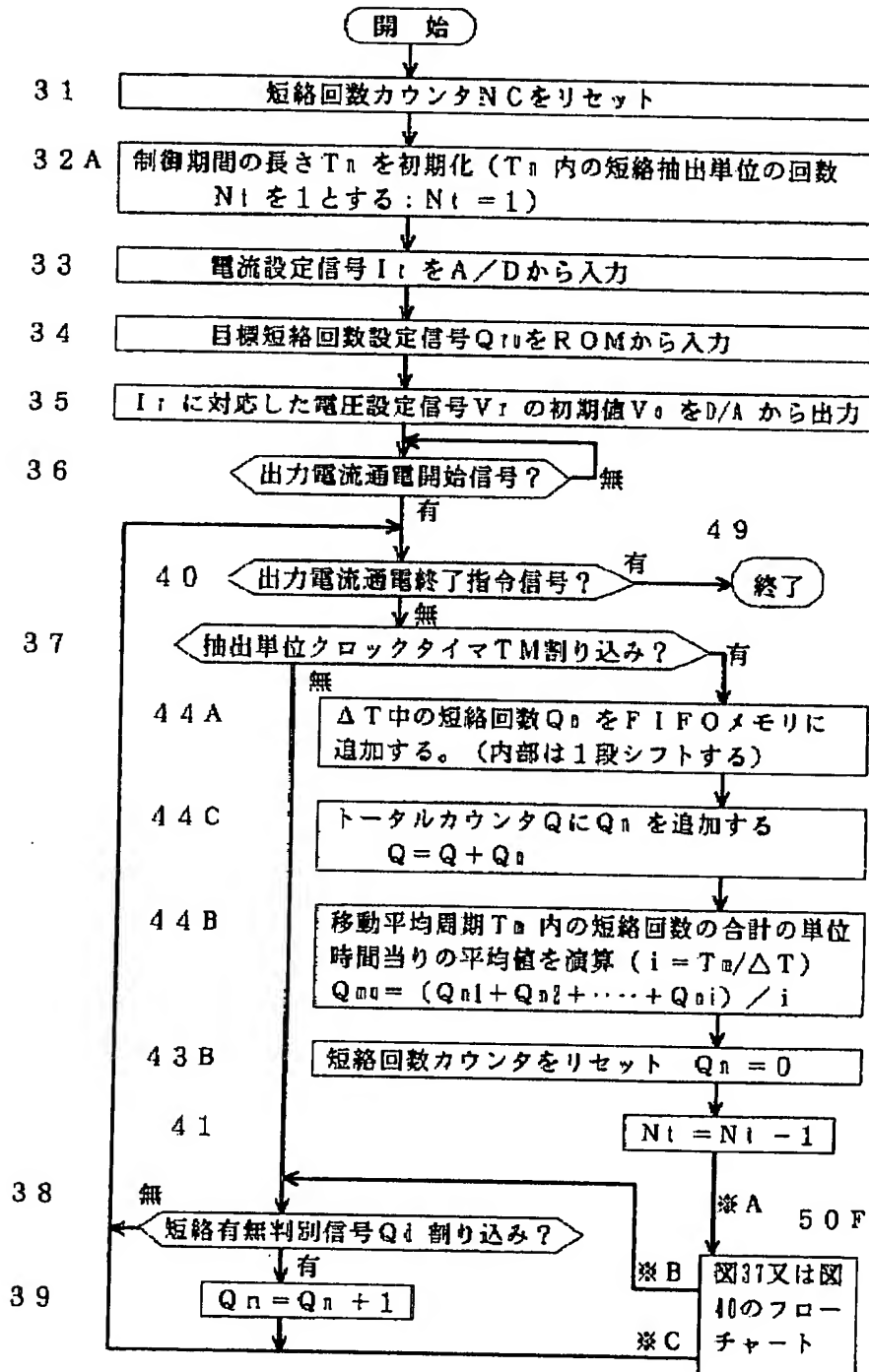
【図32】



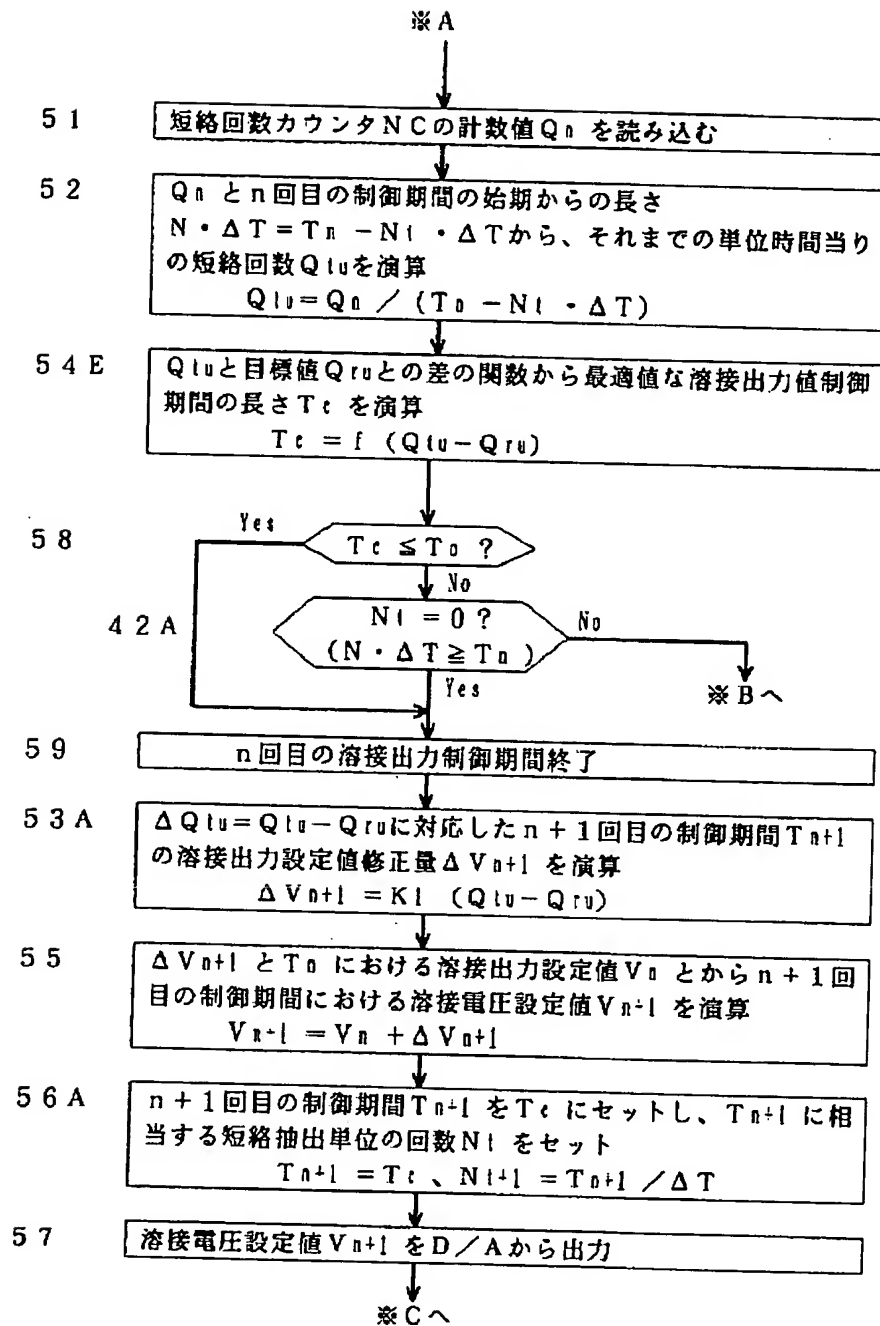
【図33】



【図34】

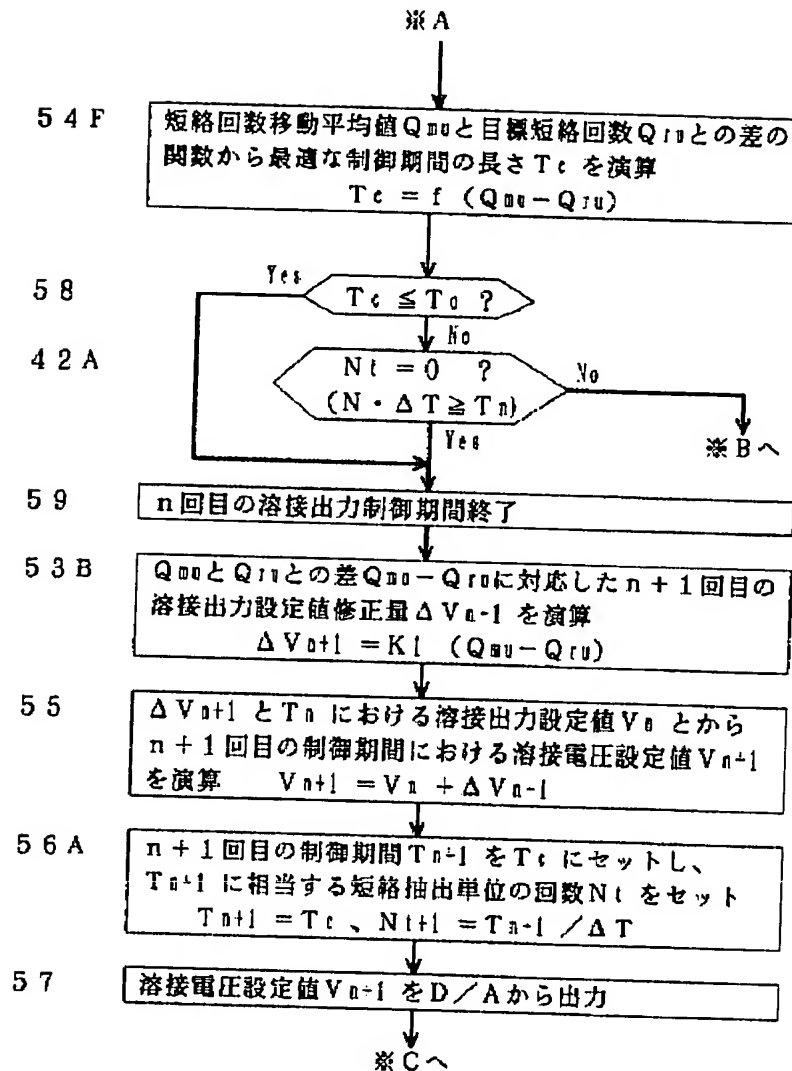


【図35】

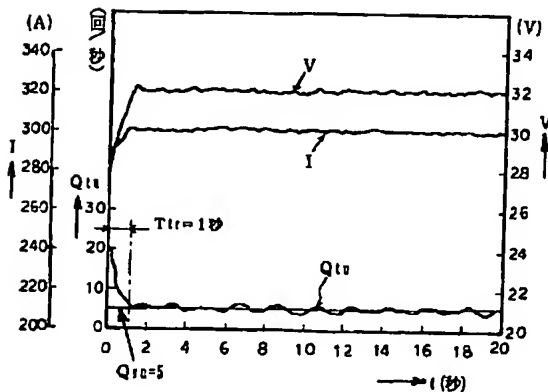




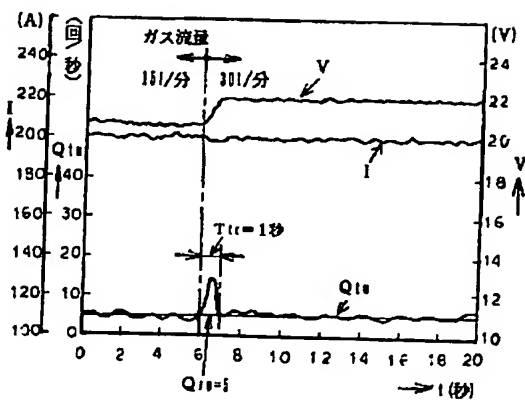
【図36】



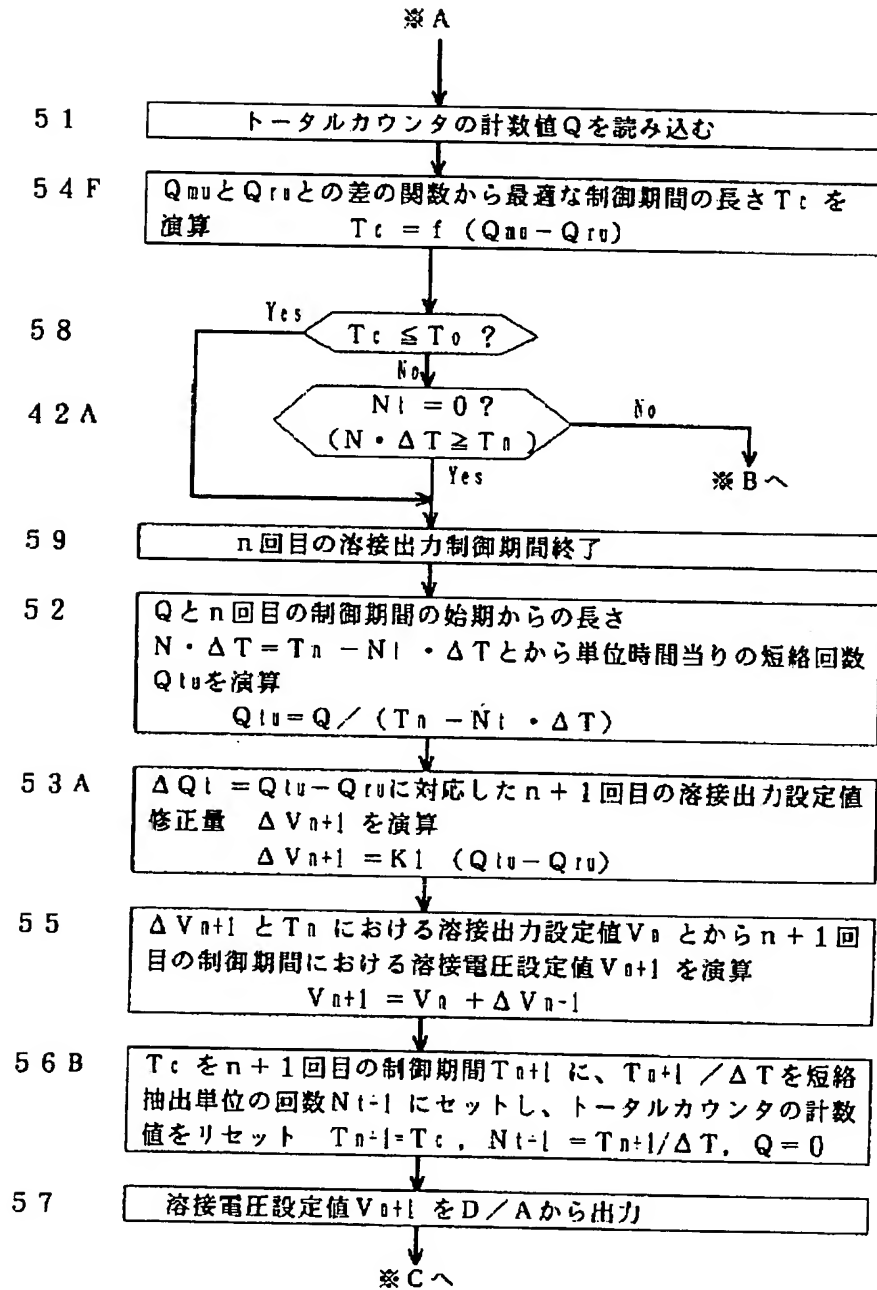
【図46】



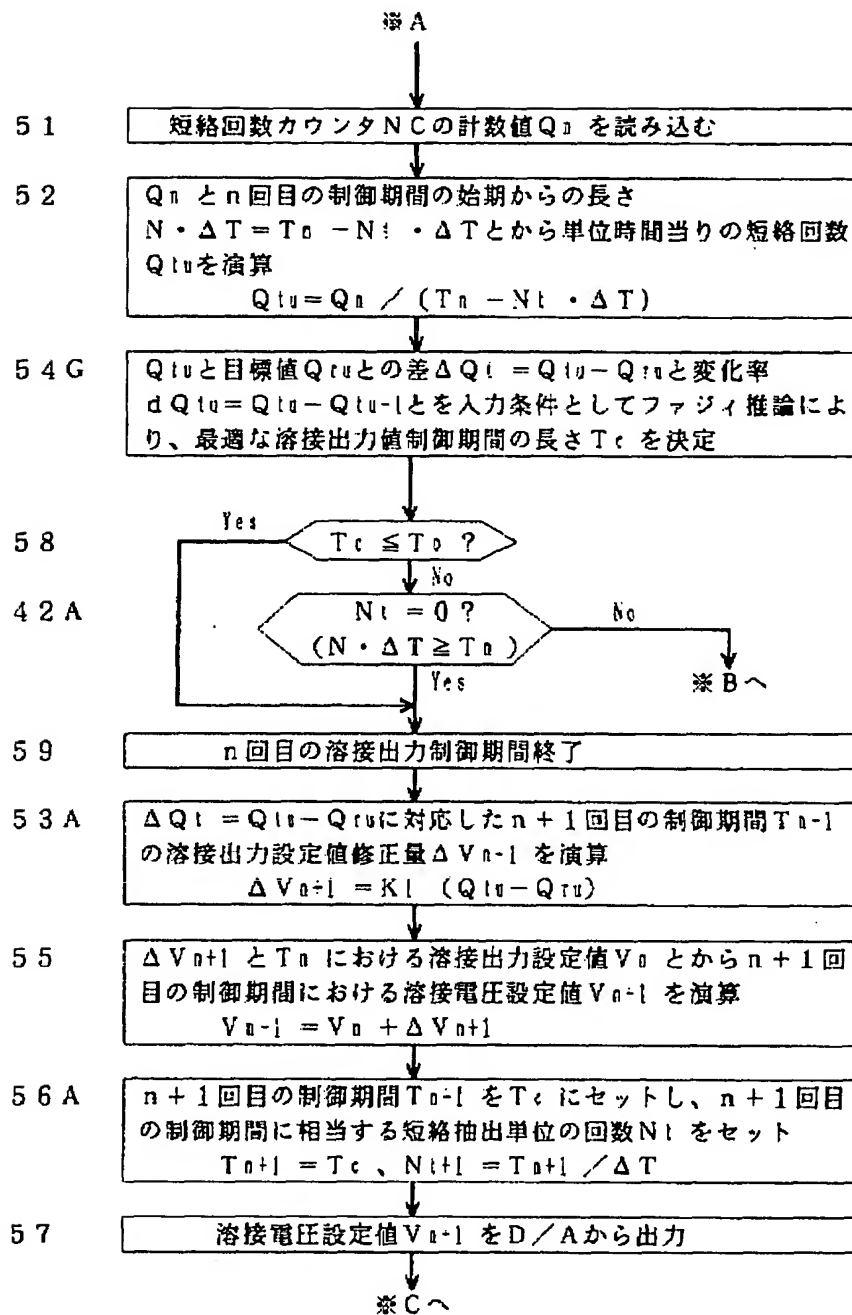
【図47】



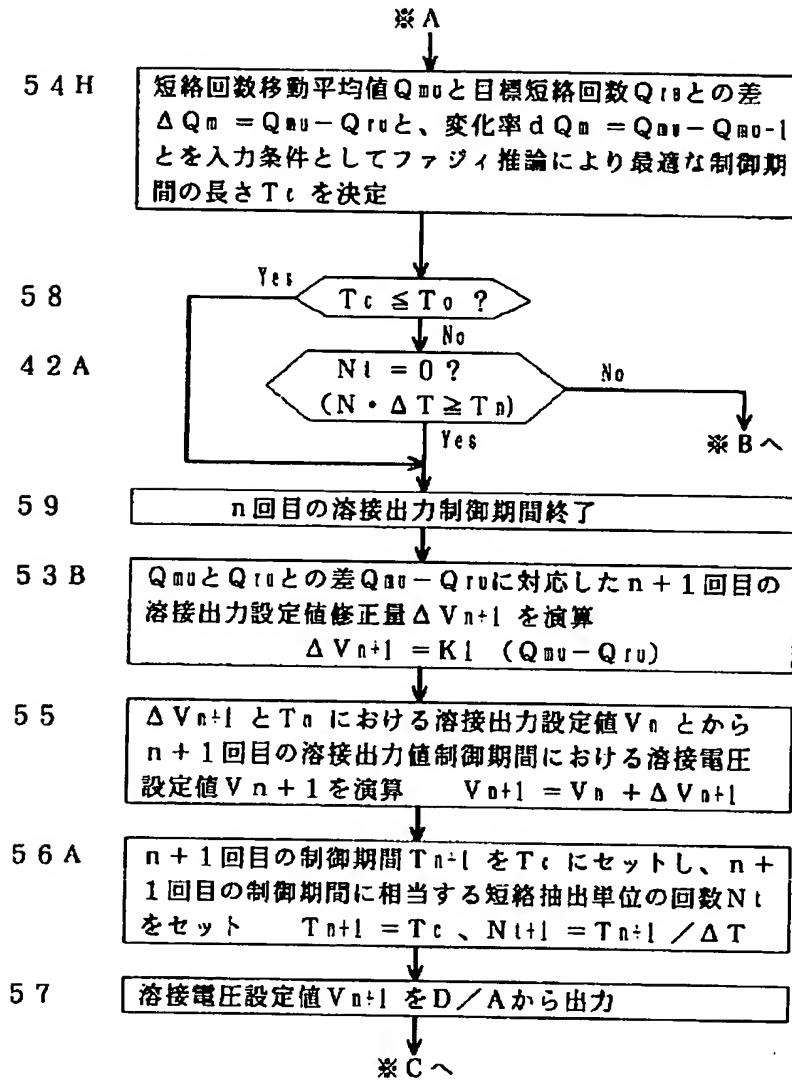
【図37】



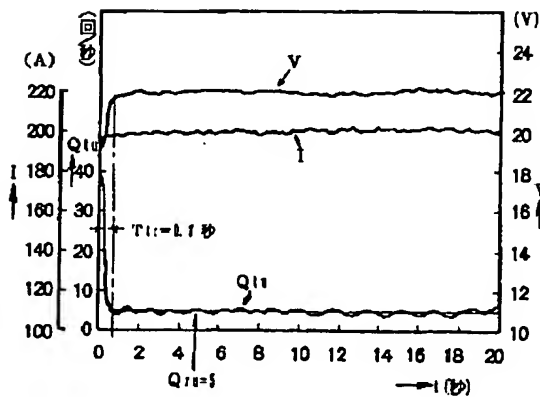
【図38】



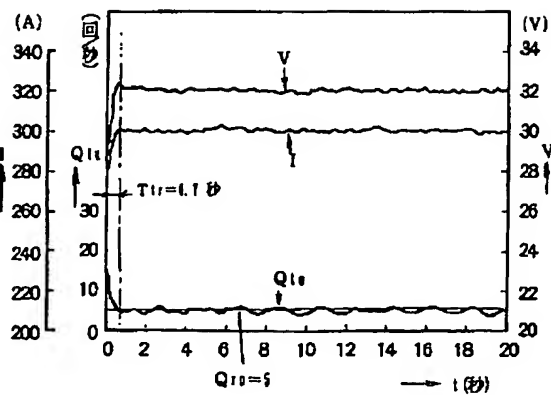
【図39】



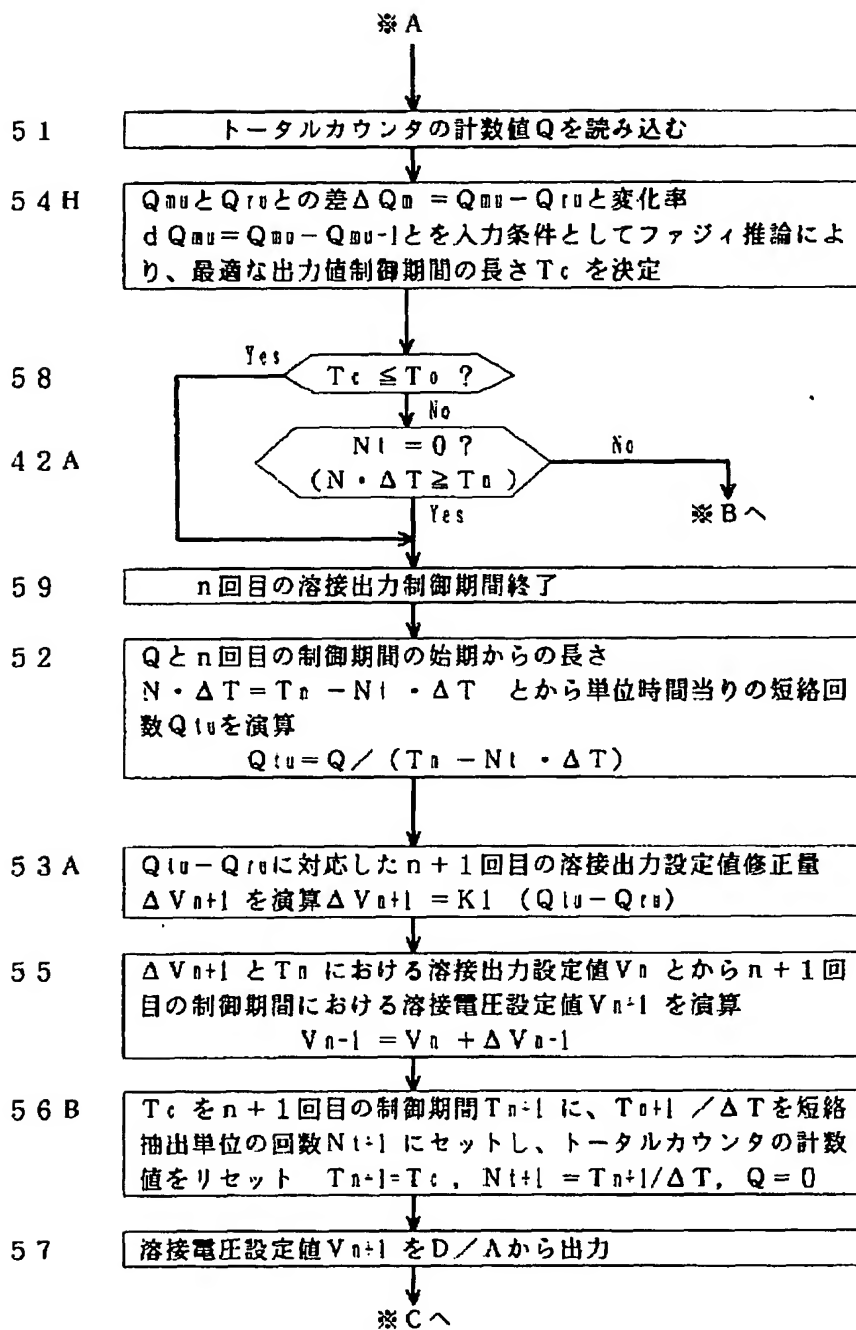
【図48】



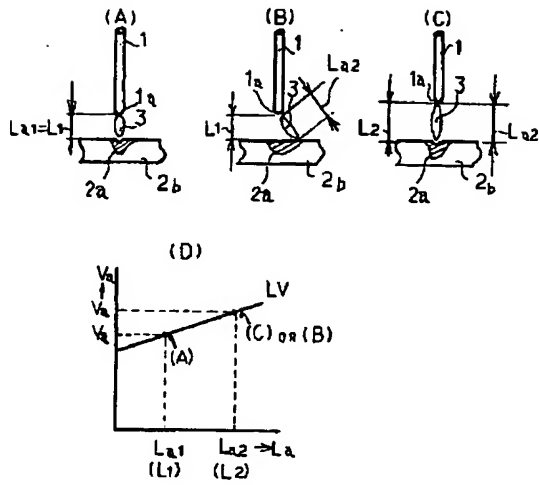
【図49】



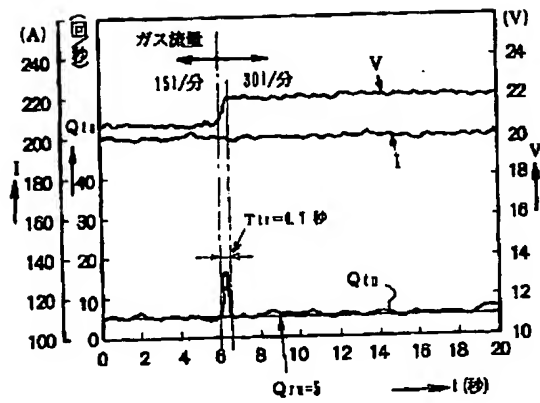
【図40】



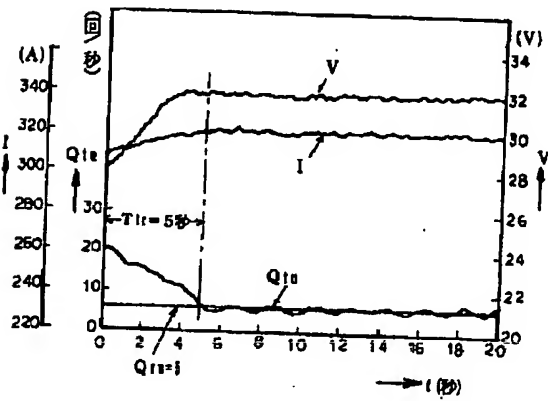
【図43】



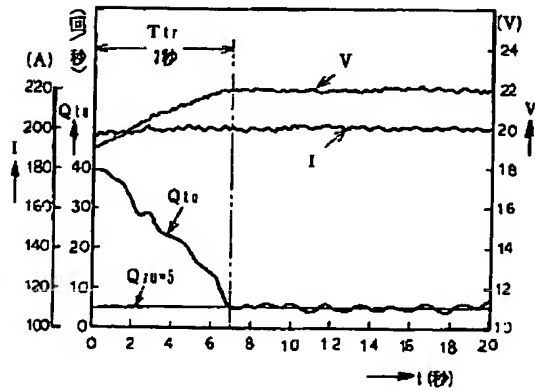
【図50】



【図52】



【図51】



【図53】

